

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. ....

~~3057~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297535

~~84514~~

360/11  
Fin

D/783/2



*Hahn*  
~~2444 VI~~  
360/1/2

# Physikalische Freihandversuche

Unter Benutzung des Nachlasses

von

**Prof. Dr. Bernhard Schwalbe**

weil. Geh. Reg.-Rat und Direktor des Dorotheenstädt. Realgymnasiums zu Berlin

zusammengestellt und bearbeitet

von

**Hermann Hahn**

Leiter der Königlichen Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht  
zu Berlin

**BIBLIOTEKA PROFESORSKA**  
Żeńskiego Gimnazjum Kupieckiego  
w KRAKOWIE

**L. inw.**.....



II. Teil

**Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase**

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage

Mit 786 Bildern im Text



~~BIBLIOTEKA NAUCZYCIELSKA L.~~  
~~Nr. inw. 4267~~

**Berlin W**

Verlag von Otto Salle

1916

D/783/2



II - 349454

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKOW

~~II 3054~~

Akc. Nr.

2663/49

DBL-0-265/2017

## Vorrede zur ersten Auflage

In der Vorrede zum ersten Teil habe ich ausführlich auseinandergesetzt, wie diese Enzyklopädie der Freihandversuche entstanden ist, welche Quellen dafür vorhanden sind, nach welchen Grundsätzen ich den Stoff abgegrenzt, geordnet und dargestellt habe und wie diese Versuche im Unterricht zu verwerten sind.

Bei den Freihandversuchen aus der Mechanik der festen Körper fehlen oft einfache Mittel, um Bewegungen zwangsläufig zu machen. Bei den Versuchen mit Flüssigkeiten und Gasen hingegen handelt es sich zumeist um Druckübertragungen, die mit den einfachsten Mitteln auszuführen und nachzuweisen sind. Der einzige Apparat, den man noch heute bei diesen Freihandversuchen vermißt, ist die Verdünnungsluftpumpe; die Verdichtungspumpe ist bereits als Fahrradpumpe ein Haushaltungsgerät geworden. Es läßt sich jedoch mit ziemlicher Sicherheit voraussehen, daß die wachsende Dienstbotennot bald zur fabrikmäßigen Herstellung billiger und leistungsfähiger „Vakuumreiniger“ führen wird, die man dann als Verdünnungspumpen auch bei Freihandversuchen benutzen kann. Wenn auch vorläufig solche Vorrichtungen noch fehlen, so ist es fündigen Lehrern doch gelungen, durch sinnreiche Anordnungen diesen Mangel zu überwinden und die Eigenschaften der Gase durch eine wahre Überfülle von Versuchen nachzuweisen. Den recht günstigen Versuchsbedingungen ist es zuzuschreiben, daß man seit Aristoteles zahllose einfache Experimente mit Flüssigkeiten und Gasen angestellt hat, und daß Schwalbe gerade bei diesem Teil der Naturlehre zuerst den Wert der Freihandversuche für die Schule erkannt hat.

Vor allem die Versuche aus der Molekularphysik der Flüssigkeiten und Gase kann man ohne jeden Apparat aus freier Hand anstellen. Viele treffliche Lehrer, die den Lehrstoff stark beschneiden und nur die grundlegenden Tatsachen und Gedanken herausheben, wollen zwar diesen Teil der Physik, der so reich an Hypothesen ist, beim Unterricht bloß in recht beschränktem Maße berücksichtigen; Schwalbe jedoch, der seine Schüler zur scharfen Beobachtung erziehen wollte, legte großen Wert auf die Molekularphysik, die jetzt auch in der Wissenschaft wieder mehr an Bedeutung gewinnt. Ich habe daher in Rücksicht auf Schwalbes Ansichten und Absichten die Versuche über den inneren Bau der Flüssigkeiten und Gase in ungewöhnlichem Umfang aufgenommen.

Mit Recht lehnen viele Lehrer der Physik die jetzt vielfach gebauten eintönigen Universalapparate ab; trotzdem habe ich im Hinblick auf mittellose Lehrer Baileys Universalapparat, den man leicht selbst herstellen kann, aufgenommen, da er die Ausführung einer großen Anzahl von Versuchen mit ganz geringen Mitteln ermöglicht.

Auch diesem Teil der Freihandversuche ist ein Verzeichnis gleichbedeutender Namen der benutzten Chemikalien Drogen usw. beigegeben. Die Preislisten der meisten chemischen Fabriken enthalten, da die Mehrzahl der Käufer Apotheker sind, nur die lateinischen Namen der Chemikalien. Das Verzeichnis soll den Physikern, denen zumeist die pharmazeutischen Namen unbekannt sind, die Benutzung jener Preislisten ermöglichen; doch rate ich dringend, den Listen nur die Preise zu entnehmen, bei Bestellungen sich aber stets der wissenschaftlichen Namen zu bedienen, damit nicht ärgerliche Verwechslungen, wie z. B. von Kalium chlorat. mit Kaliumchlorat vorkommen.

Ferner enthält auch dieser Band einen Schlüssel der Abkürzungen, mit denen ich die häufiger benutzten Schriften angeführt habe. Mancher Berufsgenosse, der in den letzten Jahren diesen oder jenen trefflichen Freihandversuch veröffentlicht hat, wird leider seine Arbeit in dieser Enzyklopädie nicht erwähnt finden. Ich habe bereits im ersten Teil zur Erklärung dieser wissenschaftlich peinlichen Unvollständigkeit hervorgehoben, daß es mir nicht gelungen ist, die erforderliche Muße für die Herausgabe der Freihandversuche zu erlangen, und daß mich ein aufreibendes Amt und Nebenamt zwingen, zurzeit von einer vollständigen Bearbeitung des gesammelten Stoffes abzusehen. Ich bitte alle, die irgendwo Freihandversuche beschreiben, mir einen Sonderabzug zuzusenden; denn dies ermöglicht mir, ihre Arbeit sofort zu berücksichtigen, während ich sie sonst erst dann aufnehmen kann, wann sie bei dem systematischen Fortschreiten der Bearbeitung an die Reihe kommt.

Mein Kollege Herr Prof. Dr. Böttger hat mich bei den chemischen Teilen auch dieses Bandes mit seinem wertvollen Rat in alter Liebesswürdigkeit unterstützt, mein Kollege Herr Dr. Matthée, der jetzt die erst von Schwalbe und dann von mir gehaltenen Vorlesungen und Experimentierkurse des Berliner Lehrervereins fortführt, war mir bei der Drucklegung in unermüdlicher Ausdauer ein treuer Helfer, und Herr Ingenieur Hans Dietzius, Assistent an der Technischen Hochschule, hat mit großem Geschick fast alle Figuren gezeichnet. Ihnen allen spreche ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aus.

Grunewald bei Berlin

**Hermann Hahn**

# Vorrede zur zweiten Auflage

Der zweite Band der Freihandversuche war leider einige Jahre lang vergriffen, weil ich seine erste Auflage nicht unverbessert wieder abdrucken wollte. Kaum ein Absatz des Buches ist ungeändert geblieben. Trotz früherer Angriffe habe ich dabei entbehrliche Fremdwörter vermieden und für einige physikalische Begriffe deutsche Wörter eingeführt. Viele neue Freihandversuche habe ich aufgenommen und dabei die Bewegungen fester Körper in Flüssigkeiten und Gasen besonders beachtet. Bei der Behandlung des Fliegens habe ich die wissenschaftlichen Versuche und Geräte Lanchesters und die Flugzeuge der spielenden Jugend berücksichtigt. Mein Freund Dr. Curt Fischer hat Untertertianer des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums die Flieger aus Papier anfertigen lassen, die zurzeit bei den Jungen sehr beliebt sind, und mir die gesammelten Musterstücke und ihre Beschreibungen gegeben.

Damit die Fachgenossen auf ihren Vorbereitungszetteln die Hinweise auf die erste Auflage nicht zu ändern brauchen, sind in der neuen Auflage die Nummern der Versuchsreihen bis zu § 36 die alten geblieben. Einfügungen und Anfügungen an dem Anfang einer Nummer, ebenso eingeschobene Nummern und Abteilungen sind durch Sterne oder Kreuze bezeichnet, Anfügungen an dem Ende einer Nummer aber nicht kenntlich gemacht. Von § 36 an waren die Einschaltungen so umfangreich, daß von da an eine neue Zählung notwendig wurde. Der Umfang des Buches ist von 294 auf 432 Seiten gewachsen, und 217 neue Abbildungen sind hinzugekommen.

Julius Hoffmann, Artur Ebert und Werner Schenck haben die neuen Bilder gezeichnet. Die beiden ersten Herren mußten ihre Arbeiten vorzeitig abbrechen, da sie das Vaterland zu den Waffen rief. Der Verlag von B. G. Teubner zu Leipzig hat mir gütig erlaubt, die Abbildung 614 zu verwenden, die in dem zweiten Bande von Lanchester-Runges Aerodynamik auf S. 249 als Fig. 152 steht. Dr. Artur Franz hat mich bei der Herstellung der chemischen Verzeichnisse unterstützt. Mein alter Freund Professor Hans Matthée hat mir bei der Drucklegung geholfen, bis er an der Spitze seiner Kompagnie in den Weltkrieg zog und, mit dem Eisernen Kreuz geschmückt, leider schwer verwundet wurde. Meine frühere Schülerin Gertrud Schulzendorff hat überall für klaren, schlichten und treffenden Ausdruck gesorgt, die Druckbogen verbessert und das Sachverzeichnis angefertigt. Der Verleger Dr. Otto Salle hat bei dem Druck alle meine Wünsche bereitwillig erfüllt und trotz der schweren Kriegsnot die Herausgabe dieser neuen Auflage durchgesetzt. Allen diesen treuen Helfern danke ich herzlich für ihre Mitarbeit.

Halensee, den 24. Oktober 1915

**Hermann Hahn**

# Inhalt

## Erster Abschnitt

### Die Flüssigkeiten

#### I. Gleichgewicht der Flüssigkeiten

	Seite
§ 1. Baileys Universalapparat (No. 1—2) . . . . .	1
§ 2. Freie Oberfläche . . . . .	5
§ 3. Innendruck . . . . .	5
1. Aufdruck (No. 3—8) . . . . .	5
2. Abdruck (No. 9—12) . . . . .	10
3. Querdruck (No. 13—14) . . . . .	11
4. Innendruck (No. 15—18) . . . . .	12
§ 4. Bodendruck (No. 19—28) . . . . .	14
§ 5. Druckübertragung durch Flüssigkeiten (No. 29—46) . . . . .	19
§ 6. Seitendruck (No. 47—50) . . . . .	28
§ 7. Verbundene Gefäße (No. 51—60) . . . . .	29
§ 8. Archimedisches Gesetz (No. 61—68) . . . . .	35
§ 9. Schwimmen (No. 69—87) . . . . .	42
§ 10. Bestimmung der Dichte (No. 88—94) . . . . .	51
§ 11. Senkwage (Aräometer) (No. 95—96) . . . . .	54

#### II. Der Bau der Flüssigkeiten und seine Eigenschaften

§ 12. Innerer Bau der Flüssigkeiten (No. 97—103) . . . . .	56
§ 13. Zusammenhalt (Kohäsion) der Teilchen (No. 104—108*) . . . . .	58
§ 14. Zähigkeit (No. 109—116) . . . . .	60
§ 15. Zusammendrückbarkeit des Wassers (No. 117—120*) . . . . .	62
§ 16. Oberflächenspannung . . . . .	64
1. Tropfenbildung (No. 121—134) . . . . .	64
2. Durch Oberflächenspannung erklärbare Versuche (No. 135—173) . . . . .	71
3. Seifenhäutchen (No. 174—193) . . . . .	86
4. Seifenblasen (No. 194—216) . . . . .	97
§ 17. Berührung von Flüssigkeiten mit festen Körpern und Flüssigkeiten . . . . .	109
1. Anhaftung (Adhäsion) (No. 217—222**) . . . . .	109
2. Flüssigkeiten in engen Gefäßen (No. 223—256) . . . . .	110
3. Bewegungen von Körpern, die teilweise in eine Flüssigkeit eintauchen (No. 257—262) . . . . .	129
§ 18. Lösung (No. 263—277) . . . . .	132
§ 19. Eindringung (Diffusion) . . . . .	136
1. Mischung (No. 278—279) . . . . .	136
2. Schichtung (No. 280—287) . . . . .	137
3. Durchdringung (freie Diffusion) (No. 288—295) . . . . .	140
§ 20. Durchgang (Osmose) (No. 296—309) . . . . .	142
§ 21. Leimliche Körper (Kolloide) (No. 310—315) . . . . .	148

## III. Bewegung der Flüssigkeiten

	Seite
§ 22. Ausfließen . . . . .	150
1. Ausfluß aus einer Bodenöffnung (No. 316—320) . . . . .	150
2. Gestalt des Strahls (No. 321—325) . . . . .	153
3. Ausfluß aus einer Seitenöffnung (No. 326—331) . . . . .	155
§ 23. Strömen (No. 332—334) . . . . .	158
§ 24. Wirbelbewegungen (No. 335—340) . . . . .	159
§ 25. Die Wucht des Wassers . . . . .	161
1. Springbrunnen (No. 341—346) . . . . .	161
2. Stoßheber (No. 347—352) . . . . .	164
3. Rückstoß. Segners Wasserrad (No. 352*—358) . . . . .	167
4. Wasserräder (No. 359—360) . . . . .	174
§ 25*. Widerstand des Mittels (No. 360*—360†) . . . . .	177
§ 25**. Anziehung und Abstoßung bewegter Körper in Flüssigkeiten (No. 360††) . . . . .	179

## Zweiter Abschnitt

## Die Gase

## I. Gleichgewicht der Gase

§ 26. Kennzeichen der Gase (No. 361—363*) . . . . .	180
§ 27. Gewicht der Luft (No. 364—371) . . . . .	181
§ 28. Luftdruck . . . . .	189
1. Wasserpumpen . . . . .	189
A. Spritze (No. 372—375*) . . . . .	189
B. Saugpumpe (No. 376—384*) . . . . .	190
C. Druckpumpe (No. 385—389) . . . . .	194
D. Blutkreislauf (No. 390—392) . . . . .	195
2. Luftpumpe (No. 393—397*) . . . . .	199
3. Andere Vorrichtungen zur Luftverdünnung (No. 398—400) . . . . .	200
4. Einseitige Verminderung des Luftdrucks (No. 401—418) . . . . .	202
5. Größe des Luftdrucks an der Erdoberfläche (No. 419—443) . . . . .	210
6. Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe, Wagflächen der Luft (No. 444—449†) . . . . .	223
7. Barometer (No. 450—450*) . . . . .	231
8. Winkelheber (No. 451—483) . . . . .	232
§ 29. Spannung der Luft . . . . .	251
1. Nachweis der Spannung (No. 484—506) . . . . .	251
2. Zusammenhang zwischen Spannung, Raum und Dichte der Luft (No. 507—511**) . . . . .	261
3. Druckmesser (No. 512—520) . . . . .	268
4. Kartesianische Taucher (No. 521—531) . . . . .	275
5. Tiefenmesser (No. 531*) . . . . .	283
6. Druckübertragung durch Gase (No. 532—535) . . . . .	283
7. Stechheber (No. 536—537*) . . . . .	285
8. Bestimmung der Dichten von Flüssigkeiten nach James Watt (No. 538) . . . . .	287
9. Saugen und Rauchen (No. 539—540) . . . . .	287

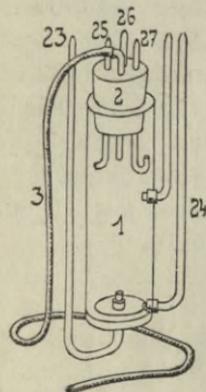
	Seite
10. Atmung (No. 541—542) . . . . .	288
11. Sturzflasche (No. 543—546) . . . . .	289
12. Mariottische Flasche (No. 547—548*) . . . . .	290
13. Unterbrochener Heber (No. 549—550) . . . . .	291
14. Aussetzende Brunnen (No. 551—553) . . . . .	293
15. Heronsbrunnen (No. 554—560) . . . . .	294
16. Verdichtungspumpen (No. 561—562*) . . . . .	298
17. Versuche mit verdichteten Gasen (No. 563—577*) . . . . .	298
§ 30. Archimedisches Prinzip . . . . .	301
1. Dichte der Gase (No. 578—587) . . . . .	301
2. Auftrieb (No. 588—592*) . . . . .	308
3. Seifenblasen (No. 593—597) . . . . .	310
4. Luftballon (No. 598—601) . . . . .	313
<b>II. Der Bau der Gase und seine Eigenschaften</b>	
§ 31. Löslichkeit der Gase . . . . .	320
1. Löslichkeit der Gase in Flüssigkeiten (No. 602—609) . . . . .	320
2. Ausscheidung gelöster Gase aus Flüssigkeiten (No. 610—613) . . . . .	324
3. Verdichtung von Gasen durch feste Körper (No. 614—621) . . . . .	327
4. Austreibung von Gasen aus festen Körpern (No. 622) . . . . .	330
§ 32. Mischung der Gase . . . . .	331
1. Durchdringung (Freie Diffusion) (No. 623—630) . . . . .	331
2. Durchgang (Osmose) (No. 631—651) . . . . .	334
<b>III. Bewegung der Gase</b>	
§ 33. Ausfließen (No. 651*—656) . . . . .	344
§ 34. Strömen (No. 657—664) . . . . .	349
§ 35. Wirbelbewegungen (No. 664*—667) . . . . .	362
§ 36. Bewegung fester Körper in der Luft . . . . .	367
1. Der Luftwiderstand (No. 668—676) . . . . .	367
2. Der Drache (No. 677) . . . . .	370
3. Gleitflieger (No. 678—692) . . . . .	372
4. Bumerang (No. 693) . . . . .	390
5. Flugschrauben (No. 694—696) . . . . .	391
6. Schraubenflieger (No. 697—700) . . . . .	393
§ 37. Die Wucht strömender Gase (No. 701—707) . . . . .	397
<hr/>	
Nachträge . . . . .	400
Druckfehler . . . . .	414
Verzeichnis gleichbedeutender Namen von Chemikalien Drogen usw. . . . .	415
Verzeichnis der abgekürzt angeführten Schriften . . . . .	421
Sachverzeichnis . . . . .	425

## Die Flüssigkeiten.

### I. Gleichgewicht der Flüssigkeiten.

#### § 1. Baileys Universalapparat.

1. Einen Universalapparat für Versuche mit Flüssigkeiten und Gasen hat F. H. Bailey unter dem nicht ganz zutreffenden echt amerikanischen Namen „100 in 1 Apparat“ beschrieben. (B. J.) Der Hauptteil ist ein



(1:5)  
Fig. 1.

Gefäß (1 in Fig. 1 und 2) aus durchsichtigem, gepreßtem Glas. Es hat zwei Durchbohrungen (B, C) in der Wand und eine (A) im Boden, und seine Mündung wird mit einem vierfach durchbohrten Kautschukstopfen (2) verschlossen. Alle Durchbohrungen des Stopfens und des Gefäßes sind so weit, daß man jede der zugehörigen Glasröhren, die alle gleiche Dicke ( $\sim 0,6$  cm) haben, luftdicht einsetzen kann. Die ganze Einrichtung besteht aus folgenden Teilen, die in den

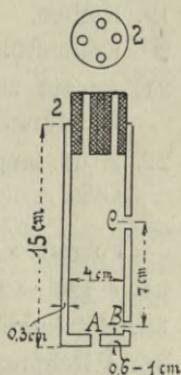


Fig. 2.

Figuren 1 bis 5 abgebildet sind:

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gefäß, das ich in Zukunft stets kurz mit Baileys Gefäß bezeichnen werde.</li> <li>2. Kautschukstopfen.</li> <li>3. 1 m bester, nicht zu dünnwandiger Kautschukschlauch.</li> <li>4. Blechbüchse mit Deckel, zwei Durchbohrungen in der Wand und eine im Deckel von gleicher Weite wie bei (1).</li> <li>5. 30cm lange Blechröhre, unten mit Boden, oben offen, mit Henkel und vier Durchbohrungen.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Flasche nebst Kautschukstopfen und ausgezogener Glasröhre (Heronball); man muß die Flasche bequem in das Gefäß (1) hineinstellen können.</li> <li>7. Weithalsige Flasche (<math>\sim 150</math> cm<sup>3</sup>).</li> <li>8. Kleine enghalsige Flasche (<math>\sim 30</math> cm<sup>3</sup>).</li> <li>9. Sammelgläschen mit Quecksilber.</li> <li>10. Spannungsmesser mit Schlauchverbindung.</li> <li>11. Spannungsmesseransatz mit Schlauchverbindung.</li> </ol> |
|---|--|

- |  |  |
|--|--|
| <p>12. 3 kurze Ausflußröhren (in Fig. 4 ist die eine mit Dichtung und Kappe versehen).</p> <p>13. 4 Dichtungen (6 mm lange Kautschukschläuche).</p> <p>14. 4 Kappen (12 mm lange Kautschukschläuche).</p> <p>15. 2 Kautschukventile.</p> <p>16. 2 Verbindungsrohren aus Glas (in Fig. 4 ist die eine mit einer Dichtung und einem Ventil versehen).</p> <p>17. Dickwandiger Kautschukschlauch.</p> <p>18. 15 cm lange Glasröhre.</p> <p>19. Kolben.</p> <p>20. Kolbenröhre aus Glas.</p> <p>21. Ansatz zur Kolbenröhre mit Dichtung.</p> <p>22. 20 cm lange Ausflußröhre aus Glas.</p> | <p>23. 15 cm lange gebogene Ausflußröhre aus Glas.</p> <p>24. 15 cm lange knieförmig gebogene Ausflußröhre aus Glas (in Fig. 5 mit Kappe versehen).</p> <p>25. 10 cm lange knieförmige Ausflußröhre aus Glas.</p> <p>26. 10 cm lange gerade Ausflußröhre aus Glas.</p> <p>27. 10 cm lange gebogene Ausflußröhre aus Glas.</p> <p>28. Knieröhre aus Glas.</p> <p>29. 2 knieförmige Ausflußrohren aus Glas.</p> <p>30. Gleichschenklige U-Röhre aus Glas.</p> <p>31. Ungleichschenklige U-Röhre aus Glas (in Fig. 5 mit Dichtung versehen).</p> <p>32. Zwei dünne Glasrohren.</p> <p>33. Kautschukballon mit 15 cm langer Glasröhre.</p> |
|--|--|

Folgende Nebenteile sind nicht abgebildet:

- |   |  |
|---|--|
| <p>34. 4 kleine Glaskugeln.</p> <p>35. Holzkugel.</p> <p>36. 4 Rehposten.</p> <p>37. 4 Schrotkörner, jedes 1 gr* schwer.</p> <p>38. Dünne Kautschukhaut (10 cm × 10 cm).</p> <p>39. Quadratisches Stück Mull.</p> <p>40. Quadratisches engmaschiges Drahtnetz (5 cm × 5 cm).</p> <p>41. Quadratische Glasscheibe (5 cm × 5 cm).</p> | <p>42. Quadratische Weißblechscheibe (5 cm × 5 cm).</p> <p>43. Quadratische Pappscheibe (5 cm × 5 cm).</p> <p>44. Quadratische Holzscheibe (5 cm × 5 cm).</p> <p>45. Ein Draht zum Herausstoßen der Schrotkörner aus den Kautschukschläuchen.</p> <p>46. 2,5 cm langes und 0,6 cm dickes Stück spanisches Rohr.</p> <p>47. Korke, Stäbe, Fäden, Kautschukbänder.</p> |
|---|--|

Außerdem gebraucht man noch einen Wasserbehälter, etwa ein Batterieglass von 15 cm Durchmesser und 18 cm Höhe oder ein Einmacheglass von 14 cm Höhe und 10 cm Durchmesser, dessen Mündung 9 cm weit ist, oder ein Einmacheglass (2000 cm<sup>3</sup>) oder eine Säureflasche, die man oben nahe beim Hals abgesprengt hat, oder einen Bleicheimer (4000 cm<sup>3</sup>), der sich nach oben erweitert. Ferner bedarf man eines flachen Untersatzbretts (Kaffeebrett) zum Auffangen des ausfließenden Wassers und schließlich noch eines Trinkglases.

Baileys Einrichtung kann man leicht selbst herstellen. Man kaufe zunächst den vierfach durchbohrten Kautschukstopfen und den Kautschukschlauch, beide von der besten Sorte (vgl. F 1, 24 § 10). Dann suche man eine Packflasche (oder ein Einmacheglas) mit hohlem Boden aus, in deren Hals der Stopfen gut paßt.

Dieser soll ohne Druck bloß eine kleine Strecke weit in den Hals hineingehen, doch darf er sich nur wenig nach oben erweitern, so daß man fast seine ganze Länge in den Hals hineindrücken kann. Man wähle nun mittelstarke Glasröhren von einer Dicke, die nur ganz wenig größer ist als die lichte Weite des Schlauchs. Die Durchbohrungen des Stopfens sollen so weit sein, daß man die Glasröhren gut hindurchschieben kann, wenn der Stopfen nicht

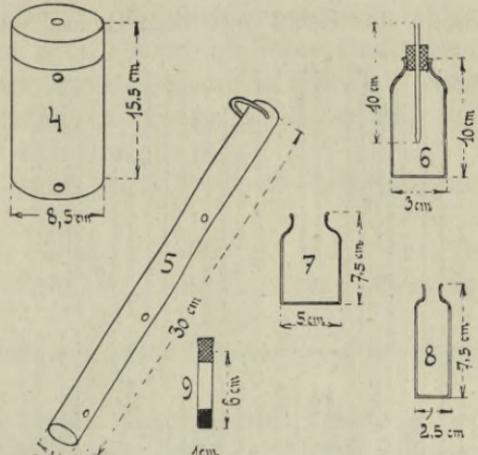


Fig. 3.

auf der Flasche sitzt und er mit Wasser gut befeuchtet ist; das ist der Fall, wenn der äußere Durchmesser der Röhren gleich der lichten Weite der Durchbohrung ist.

Nun erst bohre man Löcher in die Flasche, alle genau gleich groß. Sie müssen gerade so weit sein, daß man die Glasröhren mit kurzen Kautschukschläuchen (Dichtungen) wasser- und luftdicht in die Durchbohrungen der Flasche einsetzen kann.

Bailey hat seine Vorrichtung für qualitative Schülerübungen zusammengestellt. Es sind daher die Abmessungen für Vorführungen zu klein. Das von mir benutzte und von dem Mechaniker Herrn F. A. Hintze, Berlin NO, Prenzlauer Allee 33, her-

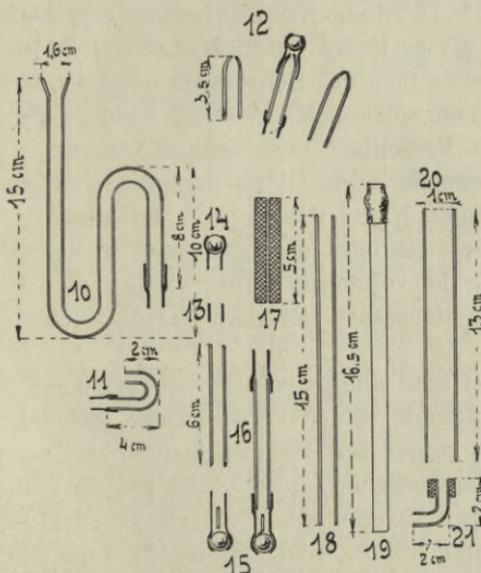


Fig. 4.

gestellte Gerät hat die Größe des Vorbildes. Ich empfehle jedoch für Versuche vor der Klasse, das Gefäß und das Zubehör größer zu wählen, als sie in diesem Buch angegeben sind.

**2. Handhabung der Baileyschen Vorrichtung.** Wenn in diesem Buch nicht das Gegenteil vorgeschrieben ist, sind stets alle Durchbohrungen des Gefäßes und des Stopfens zu verschließen.

a) Das Loch im Gefäßboden verschließe man auf folgende Weise: Stelle das Gefäß mit dem Boden nach oben. Befeuchte sorgfältig

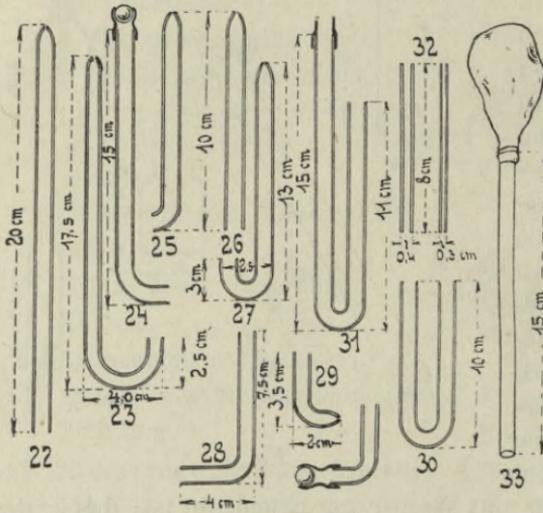


Fig. 5.

eine Dichtung, d. h. ein 0,6 cm langes Stück Kautschukschlauch. Setze in das eine Ende des Schlauchs eins von den kleinern Schrotkörnern knapp ein, das groß genug ist, die Dichtung schwach zu dehnen. Schiebe das freie Ende des Schlauchs so weit in das Loch, bis das mit Schrot verstopfte Ende mit der äußern Glaswand in einer Ebene liegt. Drücke nun mit dem Daumen die Schrot-

kugel fest in die Dichtung. Ist die Dichtung nicht tief genug eingesetzt, so steht das Gefäß nicht fest. Da es kaum möglich ist, den Schlauch noch weiter hineinzuschieben, wenn man das Schrotkorn bereits hineingedrückt hat, so entferne bei einem solchen Mißgeschick wieder Schrot und Dichtung und mache den Verschluß noch einmal. Stelle, um Schrot und Dichtung herauszunehmen, das Gefäß umgekehrt auf das Untersatzbrett und stoße mit einem Nagel das Schrotkorn hinein.

b) In ähnlicher Weise verschließt man die Öffnungen in der Gefäßwand. Da hier die Dichtung hervorstehen kann, so darf man vor ihrem Einsetzen das Schrotkorn tiefer als bei dem Verschließen der Bodenöffnung hineindrücken.

c) Die Wandöffnungen kann man auch mit einer kurzen Ausflußröhre und einer Kappe auf folgende Weise verschließen: Befeuchte eine Kappe (d. h. einen 1,2 cm langen Kautschukschlauch, in dessen eines Ende eine Schrotkugel eingesetzt ist) und ziehe sie über das verjüngte Ende der Ausflußröhre. Streife eine befeuchtete Dichtung knapp über das andere Ende der Röhre, nimm nun das Ende der Dichtung, das durch die Röhre ausgeweitet ist, in die Hand und schiebe es unter gleichzeitigem Drehen in die Wandöffnung hinein, bis es ganz fest sitzt.

d) Zieh, um eine beliebige Glasröhre mit dem Gefäß zu verbinden, eine nasse Dichtung über das eine Röhrenende, nimm den

Teil des Kautschukschlauchs, der durch das Glas ausgeweitet ist, in die Hand, führe die Dichtung in die Durchbohrung ein und schiebe dann die Röhre mit drehender Bewegung hinein, bis sie festsetzt. Ist die Dichtung durch das Loch ganz hindurchgeglitten, was eintreten kann, wenn die Glasröhre nur ein ganz klein wenig zu eng ist, so schiebe die Glasröhre etwas tiefer in die Dichtung, wische deren Außenseite trocken und versuche noch einmal die Röhre einzusetzen. Fasse, um eine Ausflußröhre oder irgendeine andere Röhre aus einer Durchbohrung des Gefäßes zu entfernen, sie nahe bei der Dichtung an und ziehe sie mit drehender Bewegung heraus.

e) Laß niemals nach Beendigung eines Versuchs Glasröhren am Gefäß sitzen.

f) Laß niemals Schrotkörner in einer Dichtung. Man kann sie schwer entfernen, sobald sie trocken sind, hingegen ganz leicht, solange sie naß sind.

g) Entferne niemals Schrotkörner aus einer Kappe oder einem Ventil.

h) Laß niemals nasse Dichtungen, Kappen oder Schläuche auf Glasröhren sitzen. Nach dem Trocknen haften sie so fest, daß man sie nicht leicht entfernen kann.

i) Ist Wasser in dem langen Kautschukschlauch gewesen, so blase vor dem Weglegen hindurch. Trockne die Kautschukhaut (38) mit einem Tuch ab, sobald sie naß geworden ist. (B J XIV—XX und 5—12.)

## § 2. Freie Oberfläche.

Vgl. F 1, 47 § 31.

## § 3. Innendruck.

### 1. Aufdruck.

3. a) Verschließ eine beiderseits offene weite Glasröhre (Fig. 6) am obern Ende mit dem Finger und tauche sie in ein Einmacheglas, das mit Wasser gefüllt ist. Hebe den Finger von der obern Öffnung. Das Wasser steigt in der Röhre bis zur Höhe des äußern Wasserspiegels.

b) Tauche das untere Ende der Röhre ein wenig in dunkelgefärbtes Wasser (vgl. F 1, 31 § 16), verschließe die obere Öffnung mit dem Finger und wiederhole den Versuch. Die kleine Menge gefärbten Wassers in der Röhre macht ihn besser sichtbar. — (Poske Z 6, 274 Nr. 1; 1893.)

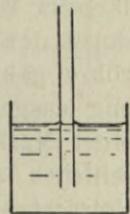


Fig. 6.

4. a) Schneide ein Stück Holz oder Kork so zu, daß es durch eine Glasröhre leicht hindurchgleitet. Laß das Holz in einem Einmacheglas auf Wasser schwimmen, verschließe die eine Öffnung der Röhre mit dem Daumen, stülpe das offene Ende über das schwimmende

Holz, drücke die Röhre ins Wasser und lüfte den Daumen, sobald das Holz den Boden beinahe erreicht. Das Wasser steigt in der Röhre empor und hebt das Holzstück bis zum äußern Wasserspiegel.

b) Wiederhole den Versuch mit einer kleinen Glaskugel, die in der Röhre bequem rollt. Lege die Kugel ins Wasser, drücke die verschlossene Röhre wie zuvor nach unten, stülpe sie über die Kugel und hebe nun den Daumen hoch. Die Glaskugel wird in der Röhre auf eine beträchtliche Höhe gehoben, obgleich sie viel schwerer ist als das verdrängte Wasser.

c) Wiederhole den Versuch mit einer Glaskugel, die in die Röhre nicht hineingeht. Stelle die mit dem Daumen verschlossene Röhre fest auf die Kugel, lüfte den Finger und hebe die Röhre empor. Das Wasser drückt eine Zeitlang die Kugel fest gegen die Röhre. — (B S 115 Nr. 139, 140.)

d) Durchbohre einen Kork (Fig. 6a) so, daß du einen Glocken-trichter streng hindurchschieben kannst. Wähle einen so großen Kork, daß die Vorrichtung auf Wasser schwimmt. Lege auf den Boden eines großen Gefäßes mit Wasser ein innen ebenes Glasschälchen *s* oder ein gewölbtes nicht zu leichtes Uhrglas. Verschließe das Trichterrohr oben mit dem Finger, drücke den Trichter auf das unten im Wasser liegende Gläschen und laß nun das Gerät los. Das Trichterrohr und das Gläschen werden emporgetrieben. Langsam sickert Wasser in den Trichter, und wenn im Rohr der Wasserstand den äußern Wasserspiegel nahezu erreicht hat, fällt das Gläschen zu Boden. (R P 1, 40.)

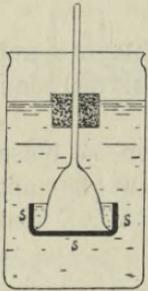


Fig. 6a.

5. a) Sprengte von einem Fläschchen den Boden ab, schneide aus einem sehr dünnwandigen Ballon ein Stück Gummihaut heraus und binde es (oder ein Stück Paragummi) mit dünnem weichem Kupferdraht über die untere Öffnung. Stelle das Fläschchen auf eine Glasplatte und fülle es ganz mit gefärbtem Wasser. Verschließe den Hals mit einem Kork, durch den eine 60 bis 80 cm lange, nicht zu enge Glasröhre geht, und fülle mit einem Trichter, dessen Hals eng ausgezogen ist, gefärbtes Wasser in die Röhre bis zu einer Marke, etwa einem Ringe, der von einem Kautschuk-schlauch abgeschnitten worden ist (Fig. 7). Tauche die Vorrichtung in ein hohes Gefäß mit Wasser. Die Flüssigkeit steigt in der Glasröhre um so höher, je tiefer man das Fläschchen einsenkt. Tauche die Vorrichtung bis zur Marke ein. Die Gummihaut ist nun ganz eben. H. Hartl. (R 1, 129.)

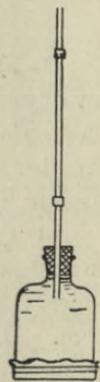


Fig. 7.

b) Bestreiche den Rand einer Trichterröhre (Fig. 7a), wie man sie bei Gasentwicklungsgefäßen verwendet, außen mit Paragummilösung, binde mit weichem Kupferdraht ein Stück Gummihaut (oder

dünnen Paragummi) über den Trichter und laß die Vorrichtung einige Tage gut austrocknen. Führe nun in die Trichterröhre einen gut benetzten dünnen Eisendraht und laß an ihm entlang dunkel gefärbtes Wasser aus einer Saugröhre in den Trichter laufen, bis er und ein Teil der Röhre gefüllt ist. Bewege dabei von Zeit zu Zeit den Draht etwas auf und ab. Bezeichne den Wasserstand durch einen kleinen Schlauchring. Senke allmählich die Vorrichtung in ein hohes Gefäß voll Wasser und beobachte, wie der Aufdruck wächst. Bewege die Vorrichtung in derselben Tiefe so seitwärts, daß sich der Auftrieb nicht ändert, und entwickle den Begriff der „Fläche gleichen Drucks“ oder „Wagfläche“. (R 1, 125.)

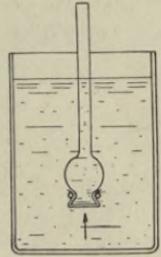


Fig. 7 a.

6. a) Bedecke das eine Ende eines Lampenglases mit einer Celluloid- oder Glimmerscheibe und drücke sie mit dem Finger fest an. Tauche das so verschlossene Ende des Zylinders in ein Einmacheglas voll Wasser und nimm den Finger weg. Die Scheibe bleibt haften. Fülle behutsam den Zylinder mit gefärbtem Wasser, das du an der Innenwand hinabließen läßt. Sobald dieses fast genau die Höhe des äußern Wasserspiegels erreicht, fällt die Scheibe ab.

b) Statt der Celluloidscheibe kann man benutzen: 1. ein Kartenblatt mit oder ohne Faden, 2. eine Blechscheibe mit einem kleinen Loch in der Mitte, wodurch man einen Bindfaden mit einem Knoten am Ende hindurchgezogen hat, und 3. wenn man den untern Zylinder rand eben geschliffen hat (vgl. F 1, 12 § 8, 3), eine dünne, nicht mattgeschliffene Spiegelglasscheibe, auf deren Mitte man eine aus Messingdraht nach Fig. 8a gebogene Öse zum Anknüpfen des Fadens mit Picein oder Siegellack aufge kittet hat. Den Faden kann man auch mit Kork und Siegellack ohne weiters auf der Scheibe befestigen. Statt eines Fadens kann man auch drei kurze Fäden aufkitten und

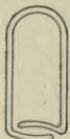


Fig. 8a. Zentimeter unter die Oberfläche

diese an einen langen Zugfaden anknüpfen (Fig. 8). Bei Benutzung von Fäden ziehe man damit die Verschlusscheibe so lange fest an, bis diese beim Eintauchen einige Zentimeter unter die Oberfläche oder bei schweren Platten etwa

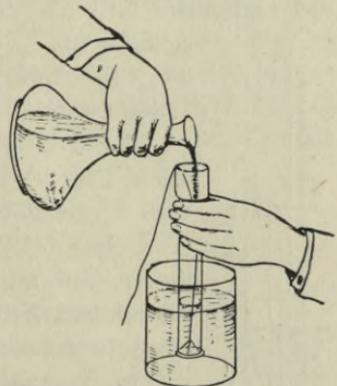


Fig. 8.

in die Mitte des Wassers gelangt ist. Man kann den Faden auch über eine Rolle führen, an seinem andern Ende eine Schale zum Auflegen von Gewichten anknüpfen und so das Gewicht der Verschlusscheibe ausschalten. W. Volkmann (VA 105) benutzt statt des Bindfadens einen Messingdraht, dessen unteres Ende er zu einem Haken

und darüber zu einigen federnden Schraubenwindungen biegt (Fig. 8b). Den matten Rand des Zylinders reibt er mit hartem Paraffin ein, das er mit einem trocknen Tuch bis auf einen schwachen Hauch wieder wegreibt.

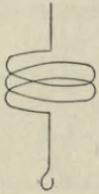


Fig. 8b.

c) Fülle in den Zylinder gefärbten Weingeist. Der Alkohol steht in dem Augenblick, wo die Verschlussscheibe abfällt, in dem Zylinder beträchtlich höher als das Wasser in dem äußern Behälter. Wiederhole den Versuch mit einer Kochsalzlösung.

d) Laß die Bodenöffnung von Baileys Gefäß offen, lege auf die Mündung eine Pappscheibe, drehe nun die Vorrichtung um und tauche sie in einen Eimer voll Wasser (Fig. 9). Wiederhole den Versuch mit Scheiben aus Magnesium, Aluminium, Eisen, Zink, Blei oder Glas. Die Scheiben aus Metall oder Glas muß man mit der Hand gegen das Gefäß drücken, bis sie 3 bis 5 cm tief unter dem Wasserspiegel liegen. Benutzt man statt des Blechimers ein so enges Glas, daß man die Scheiben nicht mit der Hand andrücken kann, so halte man die Platten mit einem Faden oder einem Draht fest. Diesen führt man unter den Scheiben hindurch und zieht anfangs mit der Hand an seinen Enden. Das Wasser dringt allmählich in das Gefäß ein und schließlich fällt die Verschlussscheibe ab. Vergleiche in dem Augenblick, wo dies geschieht, den innern und den äußern Wasserstand. (B J 17 Nr. 11.)

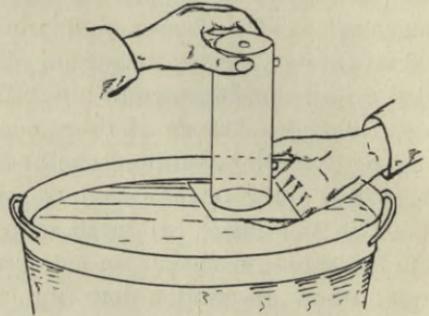


Fig. 9.

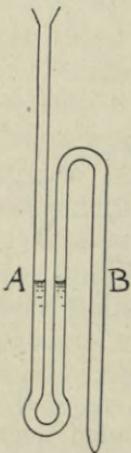


Fig. 10.

7. a) Biege eine enge Glasröhre in die Form, die in Fig. 10 dargestellt ist, fülle in die Schenkel von A gefärbtes Wasser, tauche die Röhre in ein Gefäß mit Wasser, bewege sie von oben nach unten und auch in derselben Tiefe nach verschiedenen Stellen und untersuche mit diesem Spannungsmesser die Druckänderungen.

b) Verschließe ein Prüfglas (Fig. 11) mit einem doppelt durchbohrten Kork, setze in die eine Öffnung eine lange enge Steigröhre A ein, die fast bis auf den Boden des Glases reicht, und in das andere Loch eine kleine heberförmige Röhre B. Fülle in das Prüfglas gefärbtes Wasser

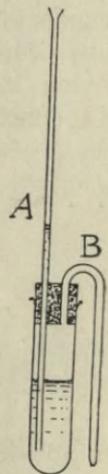


Fig. 11.

und untersuche mit diesem Spannungsmesser die Änderungen des Aufdrucks.

c) Statt die Druckmesser in die Flüssigkeit mit einzutauchen, kann man die Untersuchungsröhren B verlängern (Fig. 12) und nur diese ins Wasser eintauchen. Schwalbe hat auch eine Vorrichtung benutzt, wo der lange Schenkel B eines Spannungsmessers A mit einem Stopfen in eine Flasche ohne Boden eingesetzt war (Fig. 13).

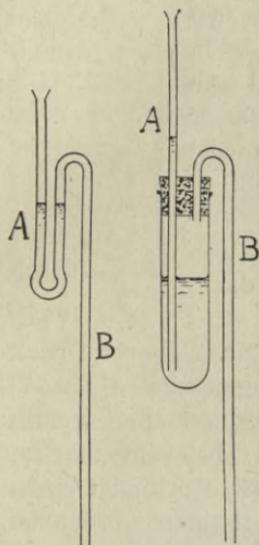


Fig. 12.

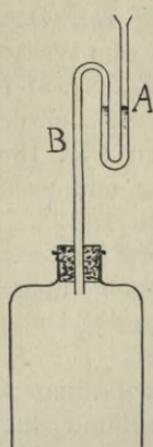


Fig. 13.

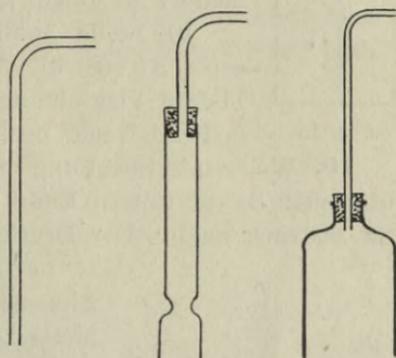


Fig. 14.

Diese Flasche tauchte er in die Flüssigkeit, deren Aufdruck er zeigen wollte.

d) Will man den Aufdruck einer Flüssigkeit mit einem Spannungsmesser zeigen, so ist es am bequemsten, einen Druckaufnehmer in die Flüssigkeit einzutauchen und diesen durch einen engen Schlauch mit einem fertigen Druckmesser (vgl. § 29, 3) zu verbinden, der fest auf dem Tisch steht. Als Druckaufnehmer kann man eine Glasröhre, die oben umgebogen und ausgezogen ist (Fig. 14), oder einen Lampenzylinder oder eine Flasche ohne Boden verwenden. In das Lampenglas und die Flasche setze man einen Stopfen mit ausgezogener knieförmiger Schlauchansatzröhre ein.

8. Tauche einen Spannungsmesser oder dessen Druckaufnehmer gleich tief in Gefäße verschiedener Größe und Gestalt ein und zeige, daß das Gefäß keinen Einfluß auf den Aufdruck hat. Als Gefäße benutze man einen Wassereimer, Baileys Zylinder, eine Bierflasche, auch ein Lampenglas (Fig. 15) oder einen Blechtrichter, die verkorkt in einem Einmacheglas oder in einer Flasche stehen. Ein brauchbares Gefäß erhält man auch, wenn man den Boden einer Bierflasche absprengt und den verkorkten Hals in den abgesprengten Boden stellt. (B J 19 Nr. 14—16, 72 Nr. 2.)

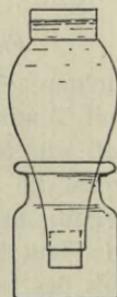


Fig. 15.

## 2. Abdruck.

**9. a)** Biege eine Glasröhre am untern Ende zweimal rechtwinklig um (Fig. 16), bringe etwas gefärbtes Wasser in die Biegung, verschließ das obere Ende der Röhre mit dem Finger, tauche das untere Ende in ein Einmacheglas voll Wasser und gib dann die obere Öffnung frei. Das Wasser steigt in der Röhre bis zum Wasserspiegel empor. (Poske, Z 6, 275 Nr. 3; 1893.)

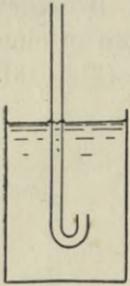


Fig. 16. den Abdruck nach. (R 1, 125.)

**b)** Stelle ähnlich wie bei dem Versuch 5b (S. 6) die in Fig. 16a abgebildete Vorrichtung her und weise damit

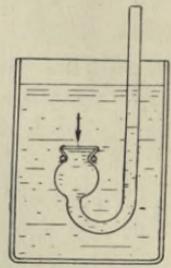


Fig. 16a.

**10.** Weise mit Spannungsmessern (vgl. S. 8 Nr. 7), deren Druckaufnehmer B am untern Ende U-förmig umgebogen sind (Fig. 17), den Abdruck nach. Der Druckmesser C ist mit Quecksilber gefüllt.

Rebenstorff (R P 1, 44) befestigt ihn mit Siegellack auf einem Kork, worin mit einem Messer eine Rinne eingeschnitten worden ist.

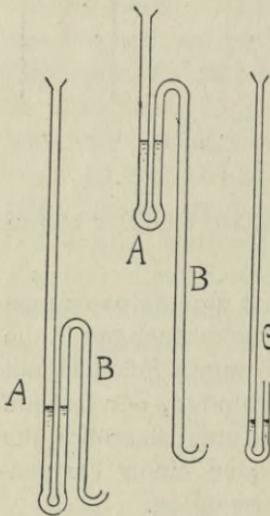


Fig. 17.

**11.** Setze an die gebogene Glasröhre V (Fig. 18) mit dem Schlauchstück g einen kleinen Trichter t, worüber eine Gummikappe m gezogen ist, so an, daß der obere Rand des Trichters wagerecht liegt, verbinde den großen Trichter T durch den langen Gummischlauch G ebenfalls mit V und setze die Vorrichtung in ein ~ 25 cm hohes und im

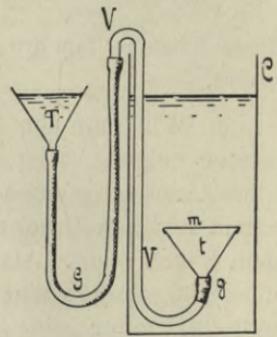


Fig. 18.

Lichten ~ 8 cm weites Glasgefäß C ein. Fülle die Teile t, V und T mit Wasser und gieße in C ebenfalls Wasser hinein. **a)** Zeige, daß die über t gespannte Kautschukhaut vollkommen eben ist, wenn die Wasserspiegel in C und T wie in der Figur gleich hoch liegen. **b)** Hebe jetzt T. Die Haut wölbt sich nach oben. **c)** Senke T. Die Haut buchtet sich nach unten aus. **d)** Nimm, um die Unabhängigkeit des Drucks von der Gestalt der äußern Teile G und T zu zeigen, den großen Trichter T weg und halte das freie Ende von G mit dem Wasserspiegel von C in die gleiche Höhe, doch Sorge dafür, daß das Wasser in G bis oben an steht. Auch jetzt ist die Haut über t genau eben. Setzt man, was noch besser ist, statt des Trichters T eine zylindrische Glasröhre ein, so kann man die Wasserspiegel in der

Glasröhre und in dem Gefäß C bequemer vergleichen. e) Tauche, um die Unabhängigkeit des Drucks von der Gestalt des Wassers in C nachzuweisen, in die Flüssigkeit irgendeinen Gegenstand, ein Stück Holz oder einen unten geschlossenen Zylinder in irgendwelchen Stellungen ein. Die Haut m bleibt bei allen diesen Einsenkungen stets eben, wenn das Wasser in T und C gleich hoch steht. (F. Melde, Z F 3, 199; 1886.)

**12.** Laß von einer Brücke eine Flasche, die dreiviertel voll Wasser gefüllt und verkorkt ist, an einer Schnur in tiefes Wasser hinab. Ziehe die Flasche wieder heraus. Sie ist ganz mit Wasser gefüllt und der Kork hineingedrückt.

### 3. Querdruck.

**13. a)** Wiederhole den Versuch 9 (auf S. 10) mit einer Röhre, die nur einmal rechtwinklig umgebogen ist (Fig. 19). (Poske, Z 6, 275 Nr. 4; 1893.)

b) Drehe die Röhre in derselben Tiefe um ihre Längsachse.

c) Stelle ähnlich wie bei dem Versuch 5b (S. 6) die in Fig. 19a abgebildete Vorrichtung her und weise damit den Querdruck nach. (R 1, 125.)

**14.** Wiederhole den Versuch 10 (auf S. 10) mit den in Fig. 20 und 21 dargestellten Spannungsmessern. Statt der in Fig. 10, 17 und 21 abgebildeten Druckmesser kann man auch nur einen Spannungsmesser von der in Fig. 20 oder Fig. 12 angegebenen Gestalt herstellen und diesen durch kurze Schläuche mit den Druckaufnehmern

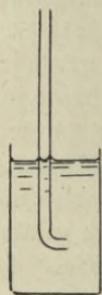


Fig. 19.

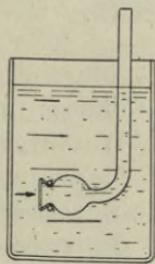


Fig. 19a.

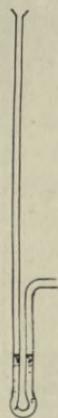


Fig. 20.

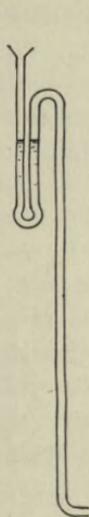


Fig. 21.

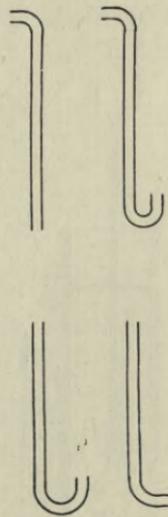


Fig. 22.

(Fig. 22) verbinden. Noch zweckmäßiger ist es, die Druckempfänger mit engen Schläuchen an feste Spannungsmesser (vgl. § 29, 3) anzuschließen.

## 4. Innendruck.

**15.** Setze die drei Röhren, die bei den Versuchen 3, 9 und 13 benutzt wurden, in einen Kork oder in einen tüchtig befeuchteten Kautschukstopfen, so ein, daß die untern Öffnungen alle gleich hoch liegen (Fig. 23). Tauche die untern Enden der Röhren in Wasser. Es steigt in jeder Röhre bis zur Höhe des äußern Wasserspiegels. (B J 18 Nr. 13.)



Fig. 23.

**16.** Biege eine Glasröhre zweimal rechtwinklig um, halte einen Finger fest auf die eine Öffnung oder verschließe diese mit einem Kork (Fig. 24). Gieße in die andere Öffnung etwas gefärbtes Wasser. Es füllt diesen Schenkel der Röhre und einen Teil des wagerechten Stückes. Laß nun langsam Luft unter dem Finger oder unter dem Kork an dem verschlossenen Ende eintreten. Das Wasser bewegt sich

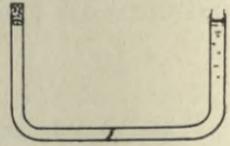


Fig. 24.

in dem einen Schenkel der Röhre abwärts, in dem wagerechten Teil seitwärts und in dem andern Schenkel aufwärts. Im Wasser herrscht also gleichzeitig ein Druck nach abwärts, seitwärts und aufwärts. (C E 28 Nr. 30.)

**17. a)** Binde an das eine Ende einer beiderseits offenen langen geraden Glasröhre (Fig. 25) eine Tierblase (oder einen Gummibeutel von 2 bis 5 cm Durchmesser) und fülle sie mit gefärbtem Wasser.

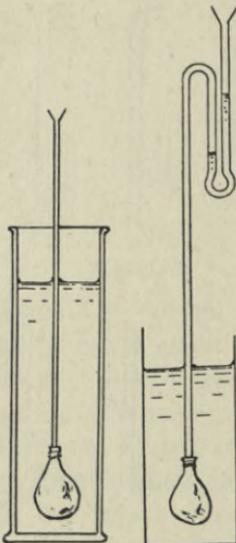


Fig. 25.

Fig. 26.

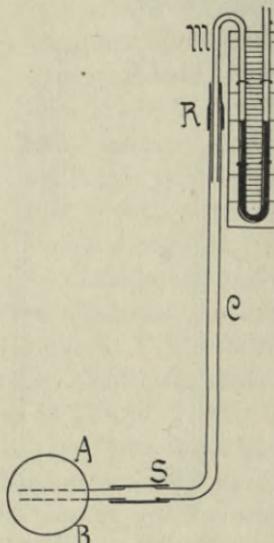


Fig. 27.

Senke die Röhre in ein hohes Gefäß voll Wasser. Das gefärbte Wasser steigt in dem Innern der Röhre stets bis zu der Höhe des äußern Wasserspiegels. Pascal. (Poske, Z 6, 275 Nr. 5; 1893.)

**b)** Befestige an einer Röhre, die oben in einen offenen mit gefärbtem Wasser gefüllten Druckmesser endigt, unten eine Tierblase (oder einen Gummibeutel) (Fig. 26) und senke sie in ein hohes Gefäß voll Wasser. Zweckmäßiger ist es, die

Blase oder den Beutel an einer geraden Röhre zu befestigen, die oben umgebogen und etwas ausgezogen ist, und diese durch einen dünnen Kautschukschlauch mit einem Druckmesser (vgl. § 29, 3) zu verbinden.

**18. a)** Entferne den Deckel einer kleinen Blechschachtel A (Fig. 27), bohre in die Seitenwand ein Loch und erweitere es so lange mit einer Rundfeile, bis eine bleistiftstarke kurze Glasröhre B streng hindurchgeht. Kite diese mit Siegelack ein. Spanne über die Öffnung der Schachtel eine Gummihaut (Armlätter für Damenkleider u. dgl.) und binde sie hinter dem Wulste der Blechschachtel mit Bindfaden fest. Verbinde das Röhrechen B mit der gleich starken knieförmig gebogenen Röhre C durch den kurzen Schlauch S. Stecke in das obere Ende der Röhre C eine dünne Druckmesserröhre M, die mit gefärbtem Wasser gefüllt ist, und verbinde beide durch das Schlauchstück R luftdicht miteinander. Befestige mit Ösen aus Blumendraht die mit einer willkürlichen Einteilung versehene Skala O verschiebbar an dem Druckmesser. Bringe durch Herausziehen oder Einschieben von M die Druckmesserflüssigkeit auf den Nullpunkt. Zeige durch einen schwachen Druck mit dem Finger auf die Kautschukhaut die außerordentliche Empfindlichkeit dieser Vorrichtung. Tauche die Blechschachtel in Wasser. Der Druckmesser zeigt einen mit der Tiefe zunehmenden Druck an. Drehe die Blechschachtel samt dem Röhrechen B in dem Schlauche S, so daß die Gummihaut nach abwärts, seitwärts oder aufwärts gewandt wird, und zeige, daß der Druck von der Stellung der Blechschachtel unabhängig ist. (R. Neumann, P B 3, 108; 1896 nach H. Hartl, Z. 9, 120; 1896.)

**b)** Setze in eine größere weithalsige Flasche zwei Röhren A und B (Fig. 27a) von 1 Meter oder mehr Länge ein, von denen B aus zwei Teilen besteht, so daß man den obern Teil durch Röhren von anderer Weite ersetzen kann. Fülle die Flasche mit einer sehr verdünnten Lösung von Kaliumpermanganat. Setze ein drittes Rohr ein und verbinde es mit einem Druckmesser und mit einem Zweigrohr T, das mit einem Kautschukschlauch und Quetschhahn versehen ist. Sperre das Rohr B durch den Quetschhahn C ab, blase durch das geöffnete Rohr T Luft in die Flasche, drücke dadurch die Flüssigkeit bis zu einer beliebigen Höhe empor, schließe den Hahn bei T und lies den zugehörigen Druck am Spannungsmesser ab. Stelle durch eine Reihe solcher Ablesungen bei verschiedenen Druckhöhen fest, daß sich die Flüssigkeitshöhen wie die Drucke verhalten. Fülle die Röhre B mit verschiedenen Lösungen, deren Dichten zuvor bestimmt worden sind, verbinde sie durch Öffnen des Hahns C mit dem Gefäß und laß die Flüssigkeitssäule auf einen bestimmten Stand sinken. Die Ablesungen an dem Spannungsmesser bei den verschiedenen Lösungen zeigen den Einfluß der Dichte auf den Druck. (H. Clyde Krenerick, School Science 6, 681; 1906. Z 20, 109; 1907.)

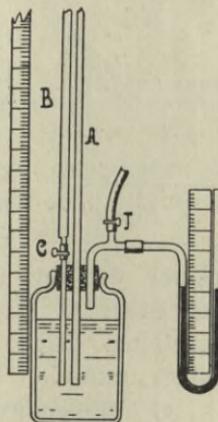


Fig. 27a.

## § 4. Bodendruck.

**19. a)** Gleiche auf einer Wage zwei Trinkgläser verschiedener Weite ab und fülle beide bis zu derselben Höhe mit Wasser.

**b)** Gleiche zwei gleiche Trinkgläser ab und fülle sie bis zu verschiedenen Höhen mit Wasser.

**c)** Gleiche zwei gleiche Trinkgläser ab und fülle bis zu derselben Höhe das eine mit Wasser und das andere mit Quecksilber. — (R 1, 126.)

**20.** Stelle die Vorrichtung, die auf S. 6 in Nr. 5a beschrieben worden ist, in ein leeres größeres Gefäß mit flachem Boden und fülle das Fläschchen ganz mit gefärbtem Wasser. Hebe es empor und zeige, daß sich infolge des Bodendrucks die Gummihaut etwas nach unten ausbiegt. Verschließe den Hals durch den Kork mit der langen Glasröhre und fülle, wie in Nr. 5a angegeben worden ist, die ganze Röhre voll Wasser. Die Haut baucht sich beträchtlich aus. Nimm den Stopfen ab. Das Wasser dringt kräftig aus der Flasche heraus. (R 1, 128.)

**21.** Verschließe eine beiderseits offene Glasröhre, in deren unterm Ende sich eine kleine Menge gefärbtes Wasser befindet, an dem obern Ende mit dem Finger und tauche sie erst lotrecht, dann schräg bis zu derselben Tiefe in Wasser (Fig. 28). Beidemale steigt das Wasser bis zu der Höhe des Wasserspiegels. Der Druck der beiden ungleich langen Wassersäulen an der untern Öffnung der Röhre ist also gleich. (Poske, Z. 6, 277; 1893.)

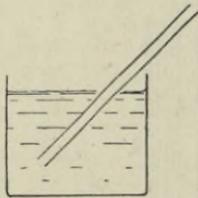


Fig. 28.

**22.** Hydrostatisches Paradoxon. Suche drei Lampengläser aus, deren untere Öffnungen gleiche Durchmesser haben (Fig. 29). Das eine A (Rundbrenner) besteht aus zwei Zylindern

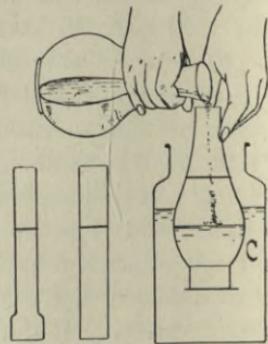


Fig. 29.

von verschiedenem Durchmesser, das andere B (Gas) hat überall gleichen Durchmesser und das dritte C (Schnittbrenner) hat unten eine beträchtliche Ausbauchung. Klebe auf jedes Glas in derselben Höhe als Marke einen Papierstreifen.

**a)** Fülle ein großes Einmacheglas dreiviertel voll Wasser und tauche die drei Gläser (Stevinsche Gefäße) bis zu ihren Marken ein. Das Wasser steigt in allen bis zur Höhe des Wasserspiegels. (Poske, Z 6, 276 Nr. 7; 1893.)

**b)** Bezeichne auf der Außenwand des Einmacheglasses den Wasserstand. Verschließe den Zylinder A unten mit einer Celluloid- oder Kartonscheibe und tauche ihn vorsichtig so tief in das Einmacheglas,

bis die Papiermarke von A den Wasserspiegel berührt. Gieße behutsam so viel Wasser in das Lampenglas, bis der innere Wasserspiegel den äußern erreicht. Die Marke auf der Außenwand des Einmacheglasses läßt die Wassermenge erkennen, die man eingegossen hat, um die Verschußscheibe zum Abfallen zu bringen. Gieße diese Flüssigkeitsmenge aus dem Einmacheglas in ein Gefäß D. Tauche nun den Zylinder B, der ebenfalls mit der Scheibe verschlossen worden ist, in das Einmacheglas und gieße das Wasser aus dem Gefäß D hinein. Der Bodendruck reicht nicht aus, um die Verschußscheibe zum Abfallen zu bringen, man muß noch Wasser hinzufügen, bis der innere und der äußere Wasserspiegel gleich hoch stehen. Das ausgebauchte Glas C erfordert eine noch beträchtlichere Wassermenge. (T T 2, 23.)

**23.** Herstellung Stevinscher Gefäße. a) Weinhold (W V 118) gibt für deren Herstellung aus zwei Moderateurlampenzylindern gleichen

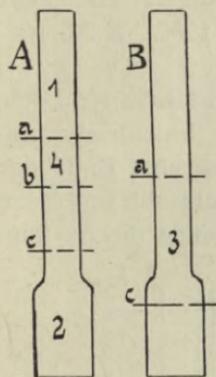


Fig. 30.

Durchmessers, die nicht gar zu dünnwandig sind, folgende Anweisung: Sprengte den einen Zylinder (Fig. 30A) bei a, b und c und den andern (Fig. 30B) bei a und c ab. (Vgl. F 1, 15 § 8, 7.) Schleife die mit 1, 2, 3 und 4 bezeichneten Stücke an je einem Ende so eben, daß sie, lose auf eine ebene Platte gestellt, ein ziemlich gut schließendes Gefäß abgeben, und zwarschleife 1 bei a, 2 bei c, 3 bei c und 4 bei a oder b ab. (Vgl. F 1, 12 § 8, 3.)

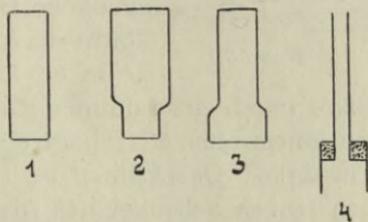


Fig. 31.

Passe in das kurze Zylinderstück 4 einen flachen Kork ein, der so durchbohrt ist, daß du eine 6 bis 7 cm lange Glasröhre von  $\sim 1$  cm innerer Weite hineinstecken kannst. Kite diese mit Siegelack ein, drücke dabei den Kork so weit in das Zylinderstück hinein, daß dieses  $\sim 1,5$  mm über ihn hinausragt, fülle die Rinne zwischen beiden Glasröhren mit Siegelack aus, blase mit einem Lötrohr (F 1, 11 § 7, 2) eine Gas- oder Weingeistflamme darauf und schmelze so den Siegelack an beide Gläser fest an. Fig. 31 stellt die so hergestellten Gefäße dar.

b) Fig. 32 zeigt, wie man aus einem Lampenglas durch Einsetzen eines Korks, in den man eine Glasröhre eingeschoben hat, ein Stevinsches Gefäß herstellen kann, das sich stark nach oben verjüngt.

**24.** a) Setze der Reihe nach die Stevinschen Gefäße, die in Fig. 29, 31 und 32 abgebildet sind, mit Kautschukstopfen auf den langen Schenkel eines offenen Heberdruck-

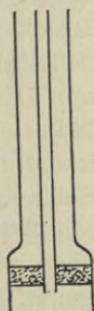


Fig. 32.

messers, dessen Flüssigkeit Quecksilber ist, fülle jedesmal den Schenkel des Druckmessers und das Gefäß bis zu derselben Höhe über der innern Stopfenfläche mit Wasser und zeige, daß stets der Bodendruck der gleiche ist (Fig. 33).

b) Verändere die Höhe der Flüssigkeiten in den Gefäßen und weise nach, daß sich die Drucke in demselben Verhältnis ändern. (W 32 Nr. 32.)

c) Ersetze den obern Teil von B (Fig. 27a, S. 13) durch Röhren von anderm Durchmesser, darunter solche, die mit einigen kugelligen Erweiterungen versehen sind, und neige auch die Röhren gegen die Lotlinie. In der Regel sind die Schüler überrascht, wenn sie durch das Rohr T Luft in die Flasche blasen, daß das Heben von Flüssigkeit in beiden Röhren zugleich ebenso leicht ist wie das Heben in der einen Röhre. (H. Clyde Krenerick, School Science 6, 681; 1906. Z 20, 109; 1907.)

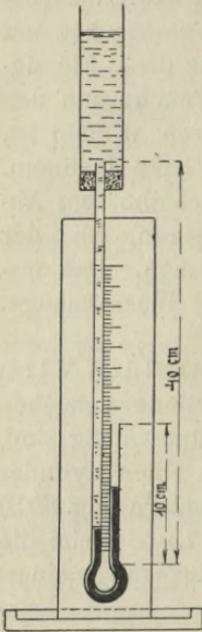


Fig. 33.

**25.** Bohre in die Wand einer Flasche ein Loch, das ein wenig weiter ist als eine knieförmig umgebogene Glasröhre. Ziehe über das eine Ende der Röhre ein kurzes Stück Kautschukschlauch und setze sie in die Durchbohrung ein. Verbinde die Ausfluß-

röhre durch einen dünnen Kautschukschlauch mit einem offenen Heberdruckmesser, dessen Flüssigkeit Quecksilber ist (Fig. 34). Fülle den langen Schenkel des Druckmessers, den Schlauch und einen Teil der Flasche mit Wasser, hebe und senke nach dem Austreiben aller Luft aus den Röhren die Flasche bis zu verschiedenen Höhen. Ersetze die Flasche durch eine Glasröhre, ein Lampenglas oder ein Stevinsches Gefäß und wiederhole die Versuche. Zeige dabei durch Messungen, daß sich der Druck der Flüssigkeiten wie die Höhe des Flüssigkeitsspiegels ändert, aber unabhängig von Größe und Gestalt des Flüssigkeitsbehälters ist. Durch Ausziehen der Röhrenenden kann man sich das Ansetzen des dünnen Schlauchs erleichtern. (W 32 Nr. 32.)

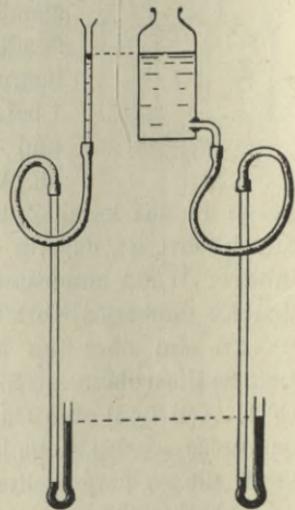


Fig. 34.

**26. a)** Befestige mit Leim und Draht auf einem hölzernen Tischchen einen sorgfältig ausgehöhlten Kork K (Fig. 35) größter Sorte genau über der Öffnung, die in das Tischchen gebohrt ist. Passe in diese von unten her ein abgesprengtes Stück eines Lampenglases ein und befestige es mit halbrund ausgeschnittenen Brettchen und Siegel-

lack gleichzeitig mit dem großen Korke K. Suche nun ein gerades (a) und ein bauchiges (b) Lampenglas so aus, daß beide möglichst in die Durchbohrung des Korks K passen. Umwickle, falls eine Dichtung erforderlich sein sollte, das Ende des Glases mit einem Streifen Zeitungspapier. Nimm als drittes Gefäß eine Glasröhre c, die sich leicht mit einem passenden Korke k an Stelle von a und b einsetzen läßt. Benutze als Gefäßboden den Druckmesser M m (vgl. S. 13 Nr. 18a) und drücke ihn durch geeignete Unterlagbrettchen z gegen den Zylinderansatz. Lege zur Schonung der Gummihaut einen flachen Korkring i dazwischen. Mache mit einem Bohrer in der Mitte des großen Korks zwei seitliche, zueinander rechtwinklig stehende Öffnungen

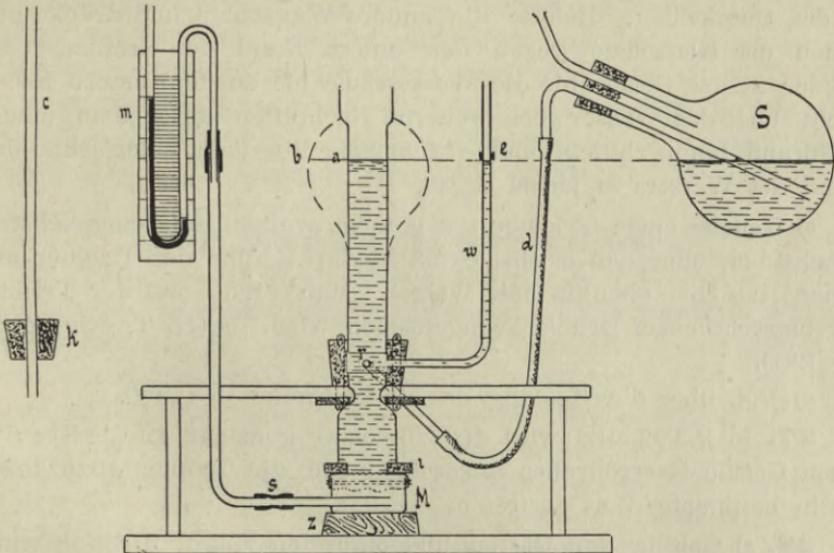


Fig. 35.

und erweitere sie ausreichend mit einer glühenden Stricknadel. Kite in die nach rechts gerichtete Öffnung als Wasserstandzeiger eine knieförmig gebogene Glasröhre w und streife einen (von einem Schlauch abgeschnittenen) Kautschukring e als Marke darüber. Kite in die rückwärts gerichtete Bohrung r das Abflußrohr und verbinde es durch einen Schlauch d mit der Spritzflasche S. Blase die Flasche kurz an und hebe sie empor. Der Schlauch wirkt als Heber und das Gefäß füllt sich, während der Spannungsmesser den zunehmenden Druck anzeigt. Senke die Flasche. Die Vorrichtung entleert sich, und man kann das Flüssigkeitsgefäß auswechseln. Wiederhole den Versuch, verschließe dabei mit dem Finger die Öffnung von w, wodurch der Eintritt des Wassers in w verhindert wird, und zeige, daß der Wasserstandzeiger w keinen Einfluß ausübt, sondern nur als Erweiterung des Gefäßes zu betrachten ist. Verhindere durch Auflegen der flachen Hand auf die obere Zylinderöffnung den Eintritt des Wassers in das

Gefäß. Es füllt sich bloß der Wasserstandzeiger *w*, und die sehr geringe Wassermenge darin erzeugt, wie der Spannungsmesser nachweist, genau den gleichen Bodendruck wie die großen Wassermengen der Zylindergefäße. Die Füllung geht rascher vor sich, wenn man das Spritzrohr der Spritzflasche durch ein ähnlich gebogenes Rohr mit weiter Öffnung ersetzt. (R. Neumann, P B 3, 109; 1896 nach H. Hartl, Z 9, 117; 1896.)

b) Entferne die eine Schale einer Wage, stelle auf das Tragekreuz eine Glasschale von 4 bis 5 cm Höhe und fülle Quecksilber hinein. Befestige der Reihe nach die Stevinschen Gefäße, die in Fig. 29, 31 und 32 abgebildet sind, an einem Gestell und tauche sie in das Quecksilber. Belaste die andere Wagschale und drücke den Boden der Glasschale gegen den untern Rand des Gefäßes. Gieß Wasser in das Gefäß, bis die Wassersäule bis zu dem untern Rande reicht und das Wasser bei weiterm Nachfüllen unter dem untern Gefäßrand hindurchfließt und gleichmäßig überläuft. Bezeichne den Stand des Wassers in jedem Gefäß.

c) Tauche einen Trichter mit langem, weitem Hals umgekehrt in Quecksilber, ohne daß er das Gefäß berührt. Fülle den Trichter und seinen Hals bis obenhin mit Wasser. Man fühlt, daß der Trichter mit beträchtlichem Druck hochgetrieben wird. — (H. Teege, Z 22, 88; 1909.)

d) Vgl. über die Messung des Bodendrucks M T 100.

27. In P P 2, 104 wird der Vorschlag gemacht, an die Stevinschen Gefäße Haarröhrchen anzusetzen und die Tropfen abzuzählen, die in bestimmter Zeit austreten.

28. a) Geh in den Garten und öffne den Hahn, der sich unten am Wasserfaß befindet. Das Wasser spritzt weit heraus (Fig. 36). Halte die Hand in den Strahl. Man fühlt die Wucht des Wassers. In dem Maße, wie sich das Faß entleert, wird der Strahl immer schwächer; er zieht sich von A nach B, dann nach C zurück, und schließlich fällt das Wasser fast gerade hinab.

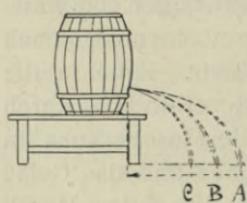


Fig. 36.

b) Verschließe ein Rohraus Weißblech A B (Fig. 37) unten wasserdicht. Bohre in C ein kleines Loch und verschließe es mit einem

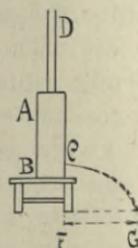


Fig. 37.

Stöpsel. Passe in A eine zweite Röhre ein, die viel enger ist. Fülle das Ganze bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser. Es gehen 400 cm<sup>3</sup> Wasser hinein, wovon 100 auf die Röhre D entfallen. Entferne den kleinen Stöpsel. Das Wasser spritzt anfangs bis G heraus und nähert sich rasch F. Miß die Entfernung F G, d. h. die größte Sprungweite des Strahls. Sie ist 15 cm.

e) Schließe das Loch C, setze an die Stelle der engen Röhre den großen Trichter D (Fig. 38) und fülle das Ganze bis zu derselben Höhe wie im vorhergehenden Versuch mit Wasser. Es sind jetzt  $1300 \text{ cm}^3$  Wasser nötig, wovon 1000 auf den Trichter kommen, der mithin zehnmal so viel Wasser als die Röhre enthält. Zieh den Stöpsel heraus. Das Wasser spritzt wieder bis G, das 15 cm von F entfernt ist, doch dauert der Ausfluß länger, weil mehr Wasser im Gefäß ist.

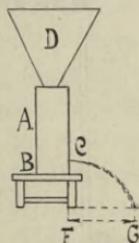


Fig. 38.

d) Setze in das Gefäß A eine enge Röhre ein, die fünfmal so lang ist wie die in (b) benutzte. Sie faßt halb so viel Wasser als der Trichter. Gieße Wasser hinein. Sobald die Röhre etwa halb gefüllt ist, springt der kleine Stöpsel heraus, und der Strahl spritzt mindestens 25 cm weit. Obwohl in der Röhre weniger Wasser als im Trichter ist, wird der Druck so stark, daß ihn der Stöpsel nicht mehr aushalten kann. — (Paul Bert, La deuxième année d'enseignement scientifique<sup>44</sup>, Paris, Armand Colin, 1902, p. 204 Nr. 177 und 178.)

### § 5. Druckübertragung durch Flüssigkeiten.

**29.** Setze bei Nr. 26a in den Zylinder a oder b oben eine Glasröhre von  $\sim 1 \text{ cm}$  Durchmesser mit einem Kork wasserdicht ein und miß den Bodendruck, wenn a oder b bis zum obern Rande gefüllt ist. Gieße so viel Wasser in die Aufsatzröhre, daß nun eine Wassersäule von doppelter Höhe drückt, und miß wiederum den Bodendruck. (Poske, Z 6, 277 Nr. 9; 1893.) Man kann zu diesem Versuch auch die in Nr. 24 und 25 beschriebenen Vorrichtungen benutzen.

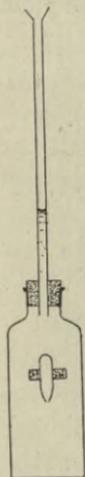


Fig. 39.

**30.** Versieh ein Stückchen einer Glasröhre, das am einen Ende zugeschmolzen und am andern Ende ausgezogen ist, mit einem Korkring, gleiche diesen Schwimmer in einem Glas Wasser ab und mache ihn möglichst empfindlich (Fig. 39). Fülle eine Flasche mit weitem Hals voll Wasser und setze den Schwimmer hinein. Verschließe die Flasche mit einem Kork, durch den eine lange enge Röhre geführt ist, und gieße Wasser in die Röhre. Der Schwimmer sinkt.

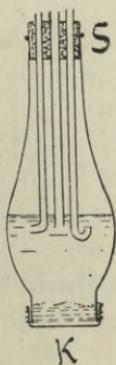


Fig. 40.

**31.** a) Binde eine Kautschukhaut K wasserdicht über die untere Öffnung eines Lampenglases. Stecke drei beiderseits offene Röhren (Fig. 40) so durch den Kautschukstopfen S, daß die untern Röhrenenden, das eine abwärts, das andere seitwärts und das dritte aufwärts gerichtet, in gleicher Höhe liegen. Drücke mit dem Finger auf die Haut. Das Wasser steigt in allen Röhren auf die gleiche Höhe. Die Einsatzröhren dienen als Druckmesser. (W 35 Nr. 33.)

b) Bailey (B J 80 Nr. 7) füllt das Lampenglas ganz voll Wasser, so daß beim Drücken das Wasser aus den obern Öffnungen der Röhren herausspritzt.

**32. a)** Verschließe zwei Stehkolben von 500 bis 1000 cm<sup>3</sup> Inhalt mit doppelt durchbohrten Gummistopfen, und setze in jeden eine lange bis auf den Boden reichende Glasröhre B und eine knieförmige Ableitungsröhre A ein (Fig. 41). Verbinde die Röhren A durch einen Schlauch und unterbrich durch einen Quetschhahn (oder Glasstab) die Verbindung beider Flaschen, die ebenso wie der Schlauch zuvor mit Wasser gefüllt worden sind. Fülle die eine der Röhren B 80 bis 100 cm hoch mit Wasser und öffne dann den Quetschhahn. Das Wasser wird in der andern Glasröhre B in die Höhe getrieben. (Schwalbe, Z F 3, 3; 1886. Ältere Versuchsanordnung.)

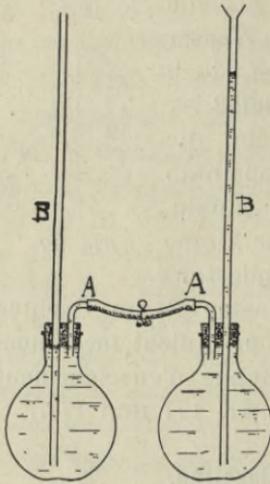


Fig. 41.

b) Besser läßt sich die Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten mit Kartesischen Tauchern nachweisen. Man bringt Schwimmkörper von irgendwelcher Gestalt in kleine Standgläser und macht sie sehr empfindlich, die Gläser verschließt man mit einfach oder doppelt durchbohrten Gummistopfen, führt durch die Durchbohrungen dicht schließende Röhren und verbindet diese durch Schläuche miteinander (Fig. 42). Von diesen Tauchern kann man, um den Versuch beliebig

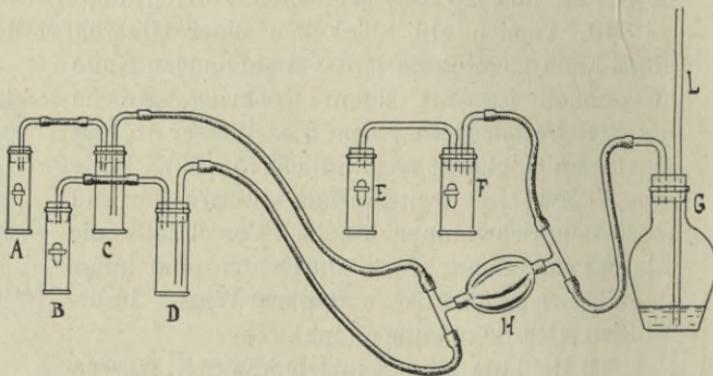


Fig. 42.

zu erweitern, 4, 6 oder 8 verwenden. Schwalbe wählte gewöhnlich folgende Anordnung: An einem kleinen Gummiball H mit zwei Ansatzschläuchen, der als Druckerzeuger dient, sind zwei T-Röhren befestigt, so daß vier verschiedene Richtungen zu Gebote stehen. Von dem einen Arm führt ein Schlauch zu einem Standglas C mit doppelt durchbohrtem Gummistopfen, das mit Luft gefüllt ist, von dem Stand-

glas C führt das zweite Rohr zu einem Taucher A. Der zweite Arm führt durch einen Schlauch zu einem Wassergefäß D, womit ein anderer Taucher B verbunden ist. Auf der andern Seite führt der eine Arm des T-Rohrs zu einem einfachen Quecksilberdruckmesser (ein Kölbchen G mit Quecksilber, in das ein langes Rohr L hineinragt), und der vierte Arm zu zwei hintereinander geschalteten Tauchern F und E. Der leiseste Druck auf den Gummiball H bewirkt das Sinken der Taucher und das Steigen des Quecksilbers, mag die Zwischenleitung noch so lang sein, mögen die Taucher neben oder hintereinander geschaltet sein. Sind die Taucher empfindlich, so genügt schon das Drücken des Schlauchs an irgendeiner Stelle, um das Hinabgehen hervorzurufen. Daß porige Körper die Fortpflanzung des Drucks nicht hindern, kann man ebenfalls zeigen: Röhren, mit Papierpfropfen verschlossen und vor einem der Taucher eingeschaltet, verhindern nicht die Fortpflanzung des Drucks, ebenso wenig lockere pulverförmige Körper (Sand), die man in die luftgefüllte Zwischenflasche C schüttet. Schiebt man aber in irgendeinen Zwischenschlauch ein gut schließendes Stück Glasstab, so bleiben die dahinter geschalteten Taucher vollständig in Ruhe, während das feinste Haarröhrchen gestattet, die Fortpflanzung des Drucks zu zeigen. Durch das Einschalten eines solchen Körpers kann man die ganze Hälfte der Taucher ausschalten oder den Druckmesser allein usw. Den Schülern wird hierdurch die allseitige Fortpflanzung des Drucks und die Nichtbehinderung durch porige Körper sehr anschaulich gemacht. (Schwalbe, Z F 3, 2; 1886.)

Man kann auch unten durchbohrte Standgläser (Baileys Gefäß, Flaschen) benutzen, in ihre Durchbohrungen mit Korken oder Schlauchstücken Ansatzröhren einsetzen, und zur Erzeugung des Drucks statt des Gummiballs auch ein solches Standglas verwenden. Die obere Öffnung dieses Druckgefäßes verschließt man mit einem langen Stopfen oder mit einer Gummikappe, auf die man drückt, oder man setzt wie in Nr. 30 mit einem Stopfen eine Druckröhre ein. (Vgl. B L U 45.)

**33.** Setze so, wie es Fig. 1 (S. 1) zeigt, die Röhren in Baileys Gefäß ein und fülle es mit Wasser. Geh an das Fenster oder an einen andern geeigneten Ort und blase in den Kautschukschlauch. Befestigt man oben am Fensterrahmen ein Ausflußgefäß, so kann man den Schlauch damit verbinden und beim Versuch den Druck des ausfließenden Wassers benutzen. (B J 26 Nr. 26, 76 Nr. 4.)

**34. a)** Bohre durch die Wand eines Standglases in verschiedenen Höhen drei Löcher (Fig. 43). Setze in diese Öffnungen mit kleinen Schlauchstücken Quecksilberdruckmesser ein von der Gestalt, wie sie die Figur zeigt, oder Luftspannungsmesser, deren äußere Enden geschlossen sind. Fülle das Standglas mit Wasser und verschließe seine obere

Öffnung durch eine Gummikappe. Drücke mit den Fingern auf die Kappe. Alle drei Druckmesser steigen.

b) Ersetze die Spannungsmesser durch ausgezogene Röhren, ziehe darüber kleine Schlauchstücke, die durch Glasstäbchen, zugschmolzene Glasröhren oder Schrotkörner verschlossen sind. Ziehe die Verschlusskappen rasch nacheinander ab und drücke auf die Kautschukkappe. (Vgl. Nr. 326.)

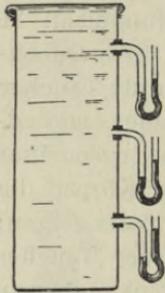


Fig. 43.

c) Schmelze an die Wand der Röhre A (Fig. 43a), die 2 cm weit und 30 cm lang ist, die beiden 2 mm weiten, 20 cm langen und an den äußern Enden zugschmolzenen Glasröhren C und ferner den 1 cm weiten und 20 cm langen Ansatz B. Fülle die Röhren A und B mit Wasser, setze gute weich gepreßte Korke darin ein und er-

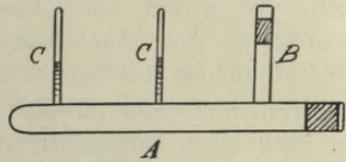


Fig. 43a.

zeuge durch deren Vorschieben Druck. Die Luftspannungsmesser C zeigen die Fortpflanzung des Drucks an. (M T 96.) F. C. G. Müller erhebt an dieser Stelle Einwände gegen die Benutzung von Flüssigkeits-Druckmessern bei solchen Versuchen.

**35. a)** Durchlöchere einen Gummiball an verschiedenen Stellen mit einer glühenden Stopfnadel, führe in eine Öffnung die Spitze einer ausgezogenen Glasröhre ein und fülle den Ball mit Wasser. Drücke mit den Fingern den Ball etwas zusammen. Das Wasser spritzt aus allen Löchern heraus.

b) Schneide aus einem Gummiball ein Stück Wandung heraus und kittle eine nicht zu enge Glas- oder Metallröhre ein, durchstich den Ball an verschiedenen Stellen mit einer glühenden Stopfnadel und fülle ihn mit Wasser. Drücke das Wasser durch Blasen oder mit einem Korkkolben. (W E 40 § 41, 1.)

c) Schlage mit einem Nagel (einer feinen Stahlspitze) feine Löcher in eine Blechbüchse (Wichsschachtel) und löte auf den Deckel eine Metallröhre. Fülle die Vorrichtung mit Wasser und verfähre wie bei (b). (W E 40 § 41, 2.)

d) a) Schiebe mit einem Bleistift Baileys Gefäß den Tisch entlang. In welcher Richtung wird der Druck, den die Hand auf das Blei ausübt, auf das Gefäß übertragen? β) Setze in die seitlichen Durchbohrungen von Baileys Gefäß verkappte Ausflußröhren und verschließe die Bodenöffnung mit einer Schrottdichtung. Fülle das Gefäß vollständig mit Wasser und binde die Kautschukhaut mit einem Faden über die Mündung. Drehe das Gefäß um, stoße das Schrottkorn mit dem Schrotschieber nach innen und setze dafür eine verkappte Ausflußröhre ein. Lege den Zylinder wie in der Fig. 44 so in eine flache Wanne, daß alle Ausflußöffnungen gleich hoch sind,

entferne die Verschlußkappen und klopfe mit den Fingern leise gegen die Kautschukhaut. (B J 25 Nr. 24 und 25.)

**36.** Anatomischer Heber. Bohre durch die Wand eines Einmacheglasses dicht über dem Boden ein Loch und setze mit einem Stück Kautschukschlauch eine kleine Glasröhre ein. Befestige an dem Ansatzröhrchen einen langen Kautschukschlauch oder mit einem kurzen Schlauchstück eine lange Glasröhre. Binde über die Öffnung des Einmacheglasses eine Tierblase und gieße Wasser in die lange Glasröhre. Je höher das Wasser steigt, desto mehr dehnt sich die Blase aus.

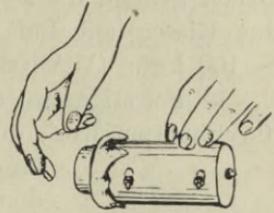


Fig. 44.

**37. a)** Schneide eine Schweins- oder noch besser eine Rindsblase B (Fig. 45) an ihrer Mündung so weit ab, daß man das Ende einer fingerstarken und 10 cm langen Glasröhre hineinschieben und darin nötigenfalls unter Verwendung eines Korks festbinden kann. Verbinde mit der kurzen Glasröhre durch einen 10 bis 15 cm langen, straff aufgeschobenen Kautschukschlauch eine ~70 cm lange gleichstarke Röhre R und klemme sie in lotrechter Stellung fest. Drücke die befeuchtete leere Blase möglichst flach auf den Tisch und decke ein ziemlich großes Brett (einen Kistendeckel, ein Reißbrett od. dgl.) so darüber, daß die Blase nicht genau unter der Mitte, sondern etwas mehr nach dem Rande zu liegt. Stelle zu beiden Seiten der Blase kleine 2 bis 3 cm hohe Klötzchen KK unter, damit das Brett und die später darauf zu setzenden Gewichte die Glasröhre nicht zerdrücken. Gieße aus einer Flasche durch einen Trichter Wasser in die lotrechte Glasröhre R und fülle die Blase so weit, daß

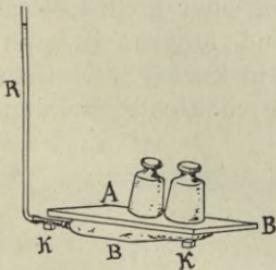


Fig. 45.

sie anfängt, das Brett zu heben, und dieses nicht mehr auf den Klötzchen, sondern nur noch mit dem Rand A B auf dem Tisch ruht. Stelle nun die Gewichte (einen großen Stein oder sonstigen schweren Körper) so auf das Brett, daß sie nicht genau über der Mitte der Blase, sondern ein wenig nach dem Rande AB zu stehen. Gieße jetzt mehr Wasser in die Röhre R. Das Brett samt den Gewichten wird in die Höhe gehoben. Mit einer Schweinsblase kann man so etliche Kilogramm, mit einer Rindsblase 40 bis 50 kg\* und, wenn die Röhre ~ 1 m hoch ist, selbst einen erwachsenen Menschen emporheben. Biege nach beendigtem Versuch die Röhre R zur Seite und laß das Wasser in ein untergesetztes Gefäß auslaufen. (W V 128.)

a\*) Entferne den Ventilkegel eines billigen Luftkissens, das 8 bis 10 dm<sup>2</sup> groß ist, und befestige auf dem Ventilmantel einen 1½ m langen Gummischlauch. Schiebe das freie Schlauchende über das Rohr eines ziemlich großen Trichters. Lege auf das leere Kissen

ein glattes Brett, etwa ein kleines Reißbrett, und stelle darauf 50 kg\* oder laß sich einen Schüler darauf setzen. Gieße nun Wasser in den Trichter, der 80 bis 100 cm über dem Kissen befestigt ist. Der geringe Druck genügt, die Last zu heben. Vor der Benutzung blase man das Kissen mit Luft auf und prüfe es mit einer Belastung von  $\sim 100$  kg\*. (V A 106.)

b) Befestige an einem Heißwasserbeutel (4000 cm<sup>3</sup>) mit einem durchbohrten Kork und einer kurzen Glasröhre einen mindestens 1 m langen Kautschukschlauch (Fig. 46). Lege auf den Boden den Beutel und darüber ein Brett, stelle dich selbst darauf oder lege schwere Gewichte darauf. Gieß Wasser in den Trichter an dem Ende des Schlauchs. Den Trichter kann man herstellen, indem man den obern Teil einer Flasche absprengt (vgl. F 1, 15 § 8, 7) und in den Hals mit einem Kork eine kurze Glasröhre einsetzt, oder indem man mitten in den Deckel einer Kakao- oder Backpulverbüchse ein Loch macht. Man stoße dabei das Blech nach außen und setze mit einem kurzen Kautschukschlauch eine Glasröhre ein. (B J 78 aux 6.)

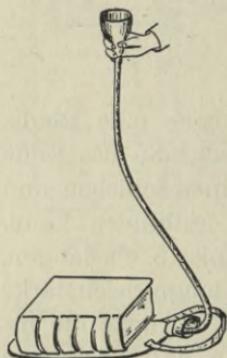


Fig. 46.

c) Binde über den Deckel einer großen Blechbüchse (Fig. 47), deren Rand lotrecht ist, luftdicht eine Kautschukhaut. Setze in die Wand ein kurzes Stück Glasrohr ein und befestige einen  $\sim 1,20$  m langen Kautschukschlauch daran. Lege ein Buch oder Brett auf die Kautschukhaut und darauf Gewichte. Verbinde den Kautschukschlauch mit der Ausflußflasche (vgl. Nr. 25 auf S. 16) und hebe die Gewichte durch den Druck der Wassersäule. (W 37 Nr. 37.)

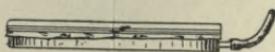


Fig. 47.

d) a) Fülle Baileys Gefäß und den Schlauch (Fig. 48) mit Wasser.

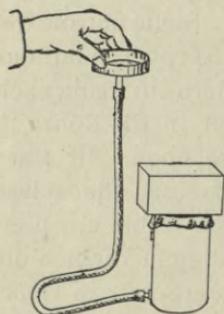


Fig. 48.

Lege beim Füllen den Schlauch auf den Tisch und gieße Wasser in das Gefäß. Verschließe, sobald das Wasser aus dem Schlauch zu fließen beginnt, sein Ende mit einer verkappten Ausflußröhre (vgl. S. 4). Binde, sobald das Gefäß gefüllt ist, über seine Öffnung ein Stück Kautschukhaut und stelle ein Gewicht von  $\sim 500$  gr\* darauf. Ersetze den Schlauchverschluß durch einen Trichter (vgl. b), gieß Wasser hinein und hebe ihn so hoch empor, wie es der Schlauch gestattet. (B J 24 Nr. 22.)

$\beta$ ) Stelle 2 oder 2,5 kg\* auf die Kautschukhaut und blase in den Schlauch. (B J 28 Nr. 30.)

**38.** Fülle einen langen nicht zu engen Kautschukschlauch vollständig mit Wasser, verstöpsle ihn an beiden Enden recht fest und lege ihn auf die Tischplatte. Laß einige Schüler ihre Hände darauf

legen und drücke den Schlauch an irgendeiner Stelle ruckweise kräftig zusammen. (R 1, 125 nach J. Zeisberger.)

**38\*.** Aufsprengen eines Gummischlauchs. a) Streife über die Mündung eines Wasserhahns ein Stück schwarzen Gummischlauch und schnüre ihn mit 1 mm starkem Kupferdraht fest. Setze in das untere Schlauchende ein Rohrstück ein, das an dem freien Ende verjüngt ist, und binde es ebenfalls mit Kupferdraht an dem Schlauch fest. Halte das freie Ende des Rohrs mit dem Daumen der einen Hand zu und öffne mit der andern Hand den Wasserhahn mehrmals kurze Zeit. Der Schlauch schwillt zu einer Wurst an und wird zugleich länger. Schließe den Wasserhahn und gib die zugehaltene Öffnung des Rohrs frei. Die Federkraft des Gummis treibt das Wasser in kräftigem Strahl aus dem Rohr heraus. Öffnet man den Wasserhahn ausreichend, so zerplatzt der Schlauch. (R P 2, 52.)

b) Befestige mit übersponnenem Kupferdraht einen Druckschlauch an dem Hahn der Wasserleitung (Fig. 48a). Setze in das freie Ende des Schlauchs eine so dicke Glasröhre, daß man den Schlauch noch gerade darüber streifen kann, und binde ihn mit Draht fest. Schiebe über das ausgezogene andere Ende der Glasröhre einen fingerlangen dünnwandigen Gummischlauch von 6 mm oder noch besser von 1,2 cm Außenweite und binde ihn mit Zwirn fest. Laß den Schlauch voll

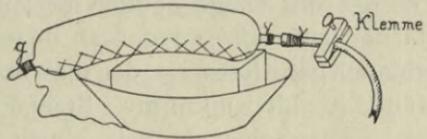


Fig. 48a.

Wasser laufen, schließe den Wasserhahn, schiebe in das freie Ende des Gummischlauchs eine kurze zugeschmolzene Glasröhre g und binde sie mit Zwirn fest. Laß hinter dem Knoten einen langen Faden stehen und knüpfe ihn an ein großes Gewichtsstück auf dem Tisch. Lege den Gummischlauch auf einen Klotz in einer großen Schale und klemme das Ende des Druckschlauchs fest. Öffne nun den Wasserhahn mehrmals kurze Zeit. An der schwächsten Stelle schwillt der Gummischlauch plötzlich an. Bei weiterer Drucksteigerung breitet sich die Anschwellung über den ganzen Gummischlauch aus. Er verlängert sich gleichzeitig auf das Vierfache und reißt schließlich ohne lauten Knall der ganzen Länge nach auf (vgl. Nr. 573). Das Schlauchende g kann man auch mit einem guten Quetschhahn verschließen und diesen mit einem langen Zwirnfaden an einem Gewichtsstück festbinden. (Rebenstorff, Z 25, 351; 1912.)

c) Zersprengen einer Glasflasche. Mach einen langen Kork tüchtig weich (F 1 22 § 9), durchbohre ihn der Länge nach und schiebe ihn ziemlich tief, aber streng in den Hals einer Flasche, die ganz mit Wasser gefüllt ist. Führe durch das Loch des Korks den engen Teil einer vorstoßartig ausgezogenen Glasröhre (Fig. 48b), schiebe über ihr weites Ende den Druckschlauch der Wasserleitung und befestige ihn mit übersponnenem Kupferdraht. Lege in eine Schale ein

angefeuchtetes starkes Leinwandstück *t*, setze die Flasche darauf und lege das Tuch herum. Spanne die Glasröhre fest in eine Gestellklemme, schiebe die Muffe mit kräftigem Druck abwärts, soweit es geht. (Ein guter Verschuß der Flasche durch Festbinden des Korks mit einer Faden- oder Drahtschlinge (F 1, 23 § 9) ist nicht leicht zu erreichen.) Einen Verschuß, der bei guter Ausführung durch

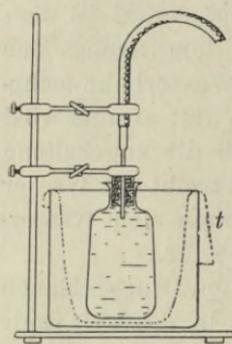


Fig. 48b.

Überdruck nicht zu locker ist, stellt man folgendermaßen her: Wähle eine Glasröhre von  $\sim 2$  mm Wandstärke, die du noch gerade in den Flaschenhals hineinhalten kannst, oder verenge nötigenfalls eine Röhre (von solcher Weite, daß du daran den Druckschlauch sicher befestigen kannst) durch behutsames Ausziehen an dem Ende *a* (Fig. 48c) so weit, daß es gerade in die Flasche hineingeht.

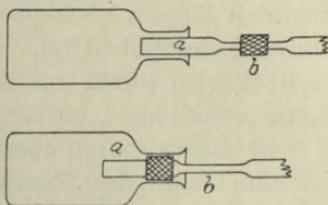


Fig. 48c.

Verenge das einige Zentimeter lange Mittelstück *b* der Glasröhre noch stärker (auf  $\sim \frac{2}{3}$ ), so daß an dieser Stelle ein  $\sim 1,5$  cm langer Gummischlauch ganz lose sitzt, den man über den weiten Teil *a* der Röhre nur mit Mühe hinschieben konnte. Stecke die Glasröhre in die Flasche, schiebe den Gummischlauch mit einem Hölzchen mithinein und drücke ringsherum längs dem Innenrande des Halses den Schlauch auf den weiten Teil der Röhre. Fülle Flasche und Druckschlauch ganz mit Wasser, ziehe die mit dem Innenstopfen versehene Glasröhre soweit nach außen, daß er ganz fest sitzt. Gib dem Ende des Druckschlauchs mit einer Gestellklemme einen festen Halt und öffne mehrmals auf kurze Zeit den Wasserhahn, bis die Flasche zerspringt. Eine Arzneiflasche ( $100 \text{ cm}^3$ ) hält einen Überdruck von 4 Atm. aus. Ein Stehkolben ( $100 \text{ cm}^3$ ) zerspringt bei nicht ganz 2 Atm. Überdruck. Ein Rundkolben (mehr als  $200 \text{ cm}^3$ ) verträgt einen Überdruck von über 4 Atm. (Rebenstorff, Z 25, 353; 1912.)

**39.** Umwickle eine ganz mit Wasser gefüllte große Weinflasche vollständig mit einem Handtuch. Halte mit einer kleinen Federzange eine Glasträne in den Flaschenhals und brich mit einer Beißzange die Spitze der Träne ab. Die Flasche wird zerprengt.

**40.** Fülle eine Flasche ganz voll Wasser, verschließe sie so mit einem Kork, daß keine Luftschicht zwischen ihm und dem Wasser bleibt, umwickle die Flasche mit einem Handtuch und schlage mit einem Holzhammer mäßig stark auf den Kork. Oft zerspringt die Flasche.

**41.** Passe in jeden Schenkel eines U-Rohrs (Fig. 49) einen Kork *A* ein, der mit Garn umwickelt ist, befestige an jedem einen starken Draht, woran oben eine kleine Scheibe angelötet ist. Fülle die Röhre

halb voll Wasser und lege ein 50 gr-Stück auf den einen Teller. Der Kork in dem andern Schenkel wird nach oben gedrückt. Lege auf die andere Scheibe ebensoviel Gramm. Setze ein größeres Gewicht auf den einen Teller und zeige, daß das kleinere Gewicht auf der andern Scheibe ihm nicht das Gleichgewicht hält. (B S 115 Nr. 138.)

**42.** Fülle Baileys Gefäß mit Wasser, setze den Stopfen mit einer offenen Durchbohrung fest auf und miß sorgfältig, wie weit der Stopfen aus dem Glas herausragt (Fig. 50). Schiebe behutsam die massive Kolbenstange durch die offene Durchbohrung bis auf den Boden und wiederhole sorgfältig die Messung. (B J 27 Nr. 27.)

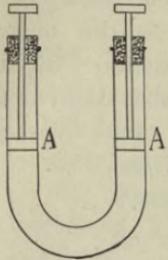


Fig. 49.

**43.** Richte Baileys Gefäß so her wie im voranstehenden Versuch, setze jedoch in eine zweite offene Durchbohrung des Stopfens

eine kurze Ausflußröhre ein. Halte die Fläche der einen Hand ~ 60 cm hoch darüber. Packe die Kolbenstange an einer solchen Stelle, daß ihr unteres Ende beim Hineinstoßen den Boden des Gefäßes nicht erreichen kann. Stoße die Stange mit einem scharfen Ruck in das Gefäß. (B J 27 Nr. 28.)

**44.** Zieh den Kolben bis zum obern Ende des Seitenrohrs (Fig. 51) empor, miß die Länge des Rohrs, das nun mit Wasser gefüllt ist, und die Höhe des Wasserstandes in Baileys Gefäß. Schiebe den Kolben bis auf den Boden des Rohrs und miß, um wieviel das Wasser, das aus der Röhre hinausgedrückt worden ist, den Wasserstand im Gefäß erhöht hat. Fülle, falls der Kolben nicht wasserdicht schließt, das Rohr und das Gefäß mit Wasser und verkorke das Rohr. Gieße dann nahezu alles Wasser aus dem Gefäß und miß die Höhe des Wasserstandes. Entkorke das Rohr und miß noch einmal. Halte beim Versuch mit der einen Hand das Seitenrohr und das Gefäß fest und verschiebe mit der

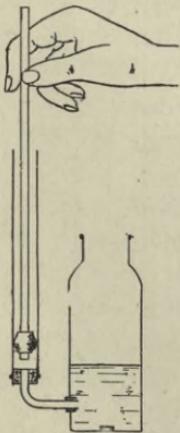


Fig. 51.

andern Hand den Kolben. (B J 27 Nr. 29.)

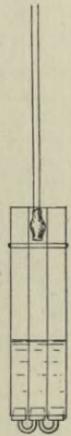


Fig. 52.

**45.** Verbinde wie in Fig. 52 eine Röhre, in die ein Kolben hineinpaßt, mit zwei andern Röhren von gleichem Querschnitt. Fülle alle drei gleich hoch mit Wasser. Setze den Kolben in die mittlere Röhre und drücke das Wasser in die beiden andern. (B J 80 Nr. 8.)

**46.** Passe in ein gerades Lampenglas A (Fig. 53) oben einen Kork a und unten einen durchbohrten Kork b ein, wodurch ein Glasröhrchen c gesteckt ist. Verbinde dieses durch einen dickwandigen Gummischlauch mit der Glasröhre B. Fülle die so verbundenen Gefäße mit Wasser und verkorke A lose. Setze in die Röhre B einen langen Stopfen fest ein. Der Kork a wird herausgedrückt.

### § 6. Seitendruck.

**47.** Setze in die seitliche Durchbohrung der Ausflußflasche (S. 16 Nr. 25) eine nicht zu enge Glasröhre ein, die senkrecht nach oben umgebogen ist (Fig. 54). Verschließe die obere Röhrenöffnung fest mit dem befeuchteten Finger, fülle das Gefäß mit Wasser und hebe dann den Finger von der Röhrenmündung. Das Wasser steigt im Ansatzrohr ebenso hoch wie im Gefäß. (Poske, Z 6, 278 Nr. 11; 1893.)

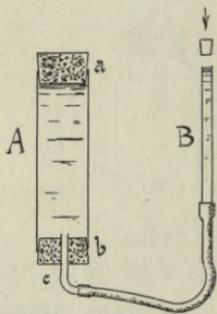


Fig. 53.

**48.** Verschließe einen dünnwandigen Kautschukschlauch (Stück eines Fahrrad-Luftschauchs) unten fest mit einem Stück Glasstab, einem Glasstöpsel od. dgl. Fülle den Schlauch mit Quecksilber. Die Ausbauchung nimmt nach unten hin zu. (Weinhold.)

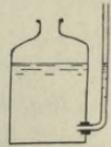


Fig. 54.

**49.** Setze in die seitliche Durchbohrung einer Flasche oder des Baileyschen Gefäßes einen Kork ein und verschließe den Hals durch einen Kork, durch den eine lange Röhre geführt ist (Fig. 55). Fülle in die lange Röhre Wasser hinein. Der Kork wird herausgetrieben. (Vgl. S. 19 Nr. 28 d.)

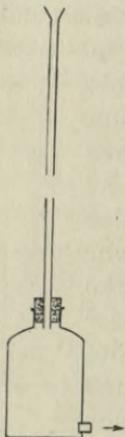


Fig. 55.

**50. a)** Weise mit der Vorrichtung, die auf S. 21 in Nr. 34 beschrieben ist, die Abhängigkeit des Seitendrucks von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels nach. Die Kautschukkappe ist bei diesem Versuch überflüssig. Volkmann (VA 105) verwirft bei diesen Versuchen die Verwendung von Flüssigkeitsdruckmessern.

**b)** Die in Fig. 56 abgebildete Vorrichtung stellt man aus einer Blechröhre (etwa einem 30 cm langen Stück eines Sprachrohrs) noch bequemer her als aus einem Lampenglas. Verkörke das untere Ende der Röhre und setze



Fig. 56.

es in ein Loch des Holzklotzes ein, der als Fuß dient. Schlage zuvor mit einem Pfiemen oder mit einem scharfen Stift drei Löcher in gleichen Abständen voneinander in die Blechröhre ein, erweitere die Öffnungen mit einer Rundfeile, die dabei drehend bewegt wird, und drücke den Blechrand so nach innen, daß eine Lippe oder

ein Grat entsteht. Setze mit Schlauchstücken U-Röhren ein, deren Biegungen mit Quecksilber halb gefüllt sind, und gieß dann die Blechröhre voll Wasser. Miß mit allen Spannungsmessern die Drucke und vergleiche sie mit den Höhen der zugehörigen Wassersäulen. — Gieße, um das Auftreten von Luftblasen in den Ansatzröhren zu verhüten, zunächst so viel Wasser ein, bis es in die unterste Röhre eintritt, und schütte dann behutsam ein wenig Quecksilber in den freien Schenkel. Behandle ebenso die zweite Röhre und gieße, falls es erforderlich ist, mehr Quecksilber in die unterste Röhre usw. (BJ 71 Nr. 1.)

### § 7. Verbundene Gefäße\*).

**51.** Tauche ein passend zugeschnittenes Brettchen oder ein Stück paraffinierte Pappe oder eine beiderseits offene weite Glasröhre so in ein Trinkglas voll Wasser, daß dieses in zwei Behälter geteilt wird, die unten noch in Verbindung stehen.

**52.** Herstellung verbundener Gefäße. **a)** Verbinde zwei Glasröhren von gleicher Weite (0,6 bis 0,9 cm), wovon die eine auch gebogen sein kann, durch ein Stück Kautschukschlauch. Man kann, um eine gute dauernde Verbindung zu erhalten, die übrigens nicht zu empfehlen ist, die Röhren vor dem Aufstecken der Schläuche etwas erwärmen und dann diese noch mit Zwirn oder besser mit weichem Kupferdraht festbinden. Will man in den Röhren verschiedene Flüssigkeiten verwenden, so darf die Weite nicht geringer als 1 cm sein, dann ist es aber ratsam, die Enden, worüber man die Schläuche schiebt, etwas auszuziehen.

**b)** Setze in ein Lampenglas oder in den Hals einer Flasche, deren Boden abgesprengt worden ist, einen paraffinierten Kork ein (Fig. 57), in den eine enge Glasröhre eingeführt worden ist. Verbinde dieses Gefäß (oder eine Glasröhre oder einen großen Trichter usw.) durch einen Gummischlauch mit einem zweiten Gefäß

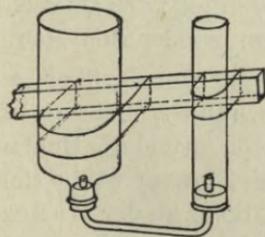


Fig. 58.

(Lampenglas, Flasche, Glasröhre, großen Trichter usw.)

**c)** Sprenge von einer Flasche den Boden ab und setze in ihren Hals einen Kork ein, in den eine zweimal gebogene Glasröhre gekittet ist. Setze das andere Ende der Röhre mit einem Kork in ein

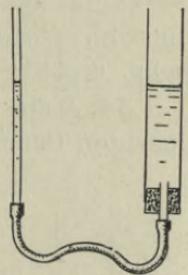


Fig. 57.

Lampenglas ein. Verkittle mit Siegelack beide Korke oder wenigstens den, der in das Lampenglas eingesetzt ist. Stelle das Verbindungsrohr auf den Tisch und binde die Gefäße mit Fäden wie in der Fig. 58 an einem wagerecht gelagerten Holzstab fest. (W V 130.)

\*) Diesen Abschnitt kann man auch sofort an die Behandlung der freien Oberfläche anschließen.

d) Setze in die seitliche Öffnung einer Ausflußflasche eine 1 cm weite rechtwinklig gebogene Glasröhre ein und drehe sie erst in eine lotrechte, dann in eine beliebige schräge Stellung. (Vgl. S. 16 Nr. 25 S. 28 Nr. 48.)

e) Setze in die seitlichen Durchbohrungen zweier Ausflußflaschen kurze Glasröhren ein und verbinde beide durch Kautschukschläuche oder eine davon mit irgendeinem andern Gefäß (vgl. b.)

f) Stelle aus Baileys Gefäß und den zugehörigen Nebenteilen

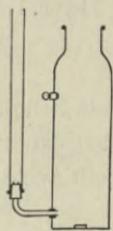


Fig. 59.

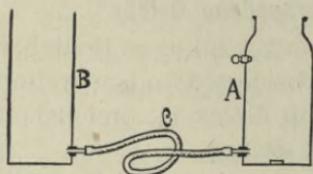


Fig. 60.

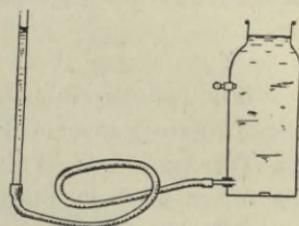


Fig. 61.

die verbundenen Gefäße her, die in Fig. 59—61 abgebildet sind. (B J 21 Nr. 17—19.)

**53.** Fülle zwei verbundene Gefäße (erst von gleicher, dann von ungleicher Weite) mit kräftig gefärbtem Wasser. Beobachte in beiden den Wasserstand. Sind die Gefäße durch Kautschukschläuche verbunden, so sperre sie zunächst durch einen Quetschhahn voneinander ab, fülle sie verschieden hoch mit Wasser und öffne dann den Hahn. Hebe und senke das eine oder andere Gefäß, neige sie gegeneinander, drehe sie nach verschiedenen Seiten, ändere die Lage des Schlauchs in mannigfacher Weise und beobachte jedesmal den Wasserstand in beiden Gefäßen. Hebe das eine Gefäß, bis kein Wasser mehr darin ist. Senke das andere Gefäß (ausgezogene Röhre), bis ein Springbrunnen entsteht. Wirf in das eine Gefäß Kochsalz hinein, schließe den Quetschhahn, schüttele das Gefäß kräftig und öffne dann wieder den Hahn.

**54.** Halte den Trichter *t* (vgl. S. 10 Nr. 11) mit der darüber gespannten Gummihaut nach oben oder nach unten. Diese bleibt eben, falls der Wasserspiegel in *T* und die Haut *m* gleich hoch liegen. Die Haut *m* wölbt sich nach außen, sobald sie tiefer als der Wasserspiegel in *T* liegt, sie senkt sich nach innen, sobald der Wasserspiegel in *T* tiefer als *m* steht. (F. Melde, ZF 3, 199; 1886.)

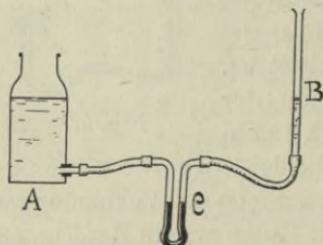


Fig. 62.

**55.** Schalte zwischen die beiden verbundenen Gefäße A und B (Fig. 62) einen Quecksilberdruckmesser C ein. Hebe A oder B und beobachte den Stand des Quecksilbers in C.

**56. Kanalwage.** a) Die meisten der in Nr. 52 auf S. 29 beschriebenen Vorrichtungen kann man zur Erläuterung der Kanalwage benutzen. b) Fig. 63 zeigt eine Kanalwage, die aus zwei kleinen

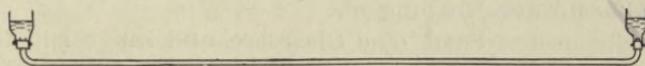


Fig. 63.

Flaschen, deren Böden abgesprengt sind, zwei Korken und einer Glasröhre hergestellt ist. (B J 76 No. 3.) c) Kite die beiden 1 cm weiten und mit seitlichen Stutzen versehenen Glasröhren (Fig. 63a) in bleibeschwerte runde Holzfüße, verbinde sie durch einen langen Gummischlauch, den man aus einigen Stücken zusammensetzen kann, und fülle die Vorrichtung bis zur halben Höhe mit gefärbtem Wasser. Verschließe die eine Röhre mit dem Daumen, hebe die andere hoch und entferne so alle Luft aus dem Schlauch.

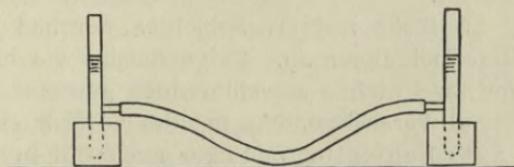


Fig. 63a.

Stelle beide Gefäße auf den wagrechten Tisch und bezeichne die Wasserstände durch Gummiringe. Stellt man das eine Gefäß auf einen 10 cm hohen Klotz, so senkt sich darin der Wasserspiegel um 5 cm, während er in dem andern Gefäß um ebensoviel steigt. (M T 98.)

**57. Artesische Brunnen.** a) Passe in das eine Ende eines Lampenglases einen Kork ein, in den eine fast zugeschmolzene Ausflußröhre, mit der Mündung nach innen, eingesetzt ist (Fig. 64). Verschließe die obere Öffnung des Glases mit der Hand, tauche es in ein mit Wasser gefülltes Einmacheglas und nimm dann die Hand weg. Das eindringende Wasser bildet einen Springbrunnen. (J. Holden, P P 1, 120; 1888.) b) Setze in die Bodenöffnung von Baileys Gefäß eine kurze gerade Ausflußröhre mit der Spitze nach innen ein und drücke die Vorrichtung in einem weiten

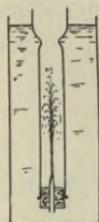


Fig. 64.

Glas oder in einem Eimer voll Wasser abwärts, bis ein Springbrunnen entsteht. (B J 17 Nr. 11.)

**58. Quellenbildung.** a) Setze in die Durchbohrungen, die dicht über dem Boden zweier Standgläser hergestellt sind, mit Gummistopfen Glasröhren ein und

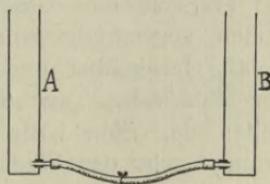


Fig. 65.

verbinde diese mit einem langen Gummischlauch, der durch einen Quetschhahn verschlossen werden kann (Fig. 65). Fülle A mit Sand und B mit Wasser. Stelle B ~ 75 cm höher als A. Es dringt das Wasser in A ein, der Sand wird aufgelockert, und es dringt oben

das Wasser heraus, das abfließt, wenn oben unter der Oberfläche eine Abzugsöffnung ist. Aufsteigende Quelle.

b) Setze auf den gelockerten Sand ein Gewichtstück. Es sinkt ein (Triebsand der Nehrungen).

c) Senke in den Sand eine Glasröhre und sauge mit dem Mund oder mit einem in die Röhre eingeschobenen Stempel. Man erhält Quellwasser.

d) Laß das Wasser aus der untern Öffnung von A ablaufen. Absteigende Quelle.

e) Trenne die untere Sandschicht von der obern durch eine undurchlässige Tonschicht. Die obere Sandschicht enthält kein Wasser. Durchbohre die Tonschicht. Das Wasser dringt in die obere Sandschicht.

f) Stelle mehrere Schichten her und bringe beim Gefäß A drei Durchbohrungen an. Zeige damit, wie eine wasserführende Schicht von zwei nicht wasserführenden getrennt sein kann.

g) Veranschauliche mit der Vorrichtung den artesischen Brunnen.

h) Schwalbe benutzte auch die in Figur 66 dargestellte Vor-

richtung, womit er ähnliche, nur noch mannigfaltiger abgeänderte Versuche anstellte. Er empfahl, auch in der Mitte Durchbohrungen anzubringen, damit man die mittlern Schichten miteinander und mit den untern oder den obern Schichten in Verbindung setzen kann. — (Schwalbe, Z 10, 230; 1897.)

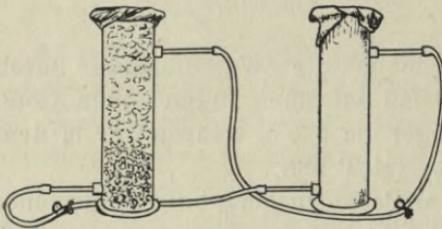


Fig. 66.

**59. a)** Gieße in ein Meßglas (vgl. F 1, 39 § 26) eine Flüssigkeit und darüber eine leichtere, die sich nicht damit mischt (sonst ist vorsichtiges Darüberschichten erforderlich), z. B. Äther auf Wasser. Tauche eine Röhre ein, miß die Höhen der Flüssigkeitsäulen darin und berechne daraus das Verhältnis der Dichten. Vgl. § 9 Nr. 85.

**b)** Setze eine Glasröhre in den Hals einer Flasche ein, deren Boden abgesprengt worden ist (Fig. 67). Gieße in ein Gefäß Quecksilber und darüber eine Wasserschicht von der Höhe AB. Tauche die Vorrichtung in die Flüssigkeiten ein. Sobald die Öffnung A in das Quecksilber eindringt, steht das Wasser in BC tiefer als der Wasserspiegel im Gefäß, und das Quecksilber in AB höher als der Quecksilberspiegel im Gefäß. Ist A B ein Haarröhrchen, so steigt das Quecksilber erst hinein, wenn man A bis zu einer gewissen Tiefe in das Quecksilber des Gefäßes eingetaucht hat. (C. E. Wasteels, Journ. de Phys. 8, 587; 1889, daraus Z 3, 249; 1890.)

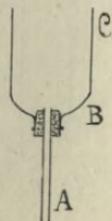


Fig. 67.

c) Fülle eine kleine Flasche (Fig. 67a) mit Nitrobenzol oder mit einer andern Flüssigkeit (Salzlösung), die schwerer als Wasser ist. Passe in den Hals einen Kork ein, schneide in seinen Mantel der Länge nach eine Rinne, durchbohre den Stopfen und stecke eine lange Glasröhre hindurch. Setze den Kork so fest in den Hals, daß bei dem Emporheben der Glasröhre die Flasche sicher hangen bleibt. Tauche die Vorrichtung in ein hohes Gefäß voll Wasser. (RP 1, 44).

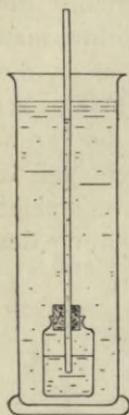


Fig. 67a.

d) Verschließe eine kleine Flasche mit einem doppelt durchbohrten Kork (Fig. 67b). Schiebe durch das eine Loch eine lange Glasröhre so weit, daß ihr unteres Ende nur wenig aus dem Kork in die Flasche hineinragt, und durch das andere Loch ein Glasröhrchen, das bis zu dem Boden der Flasche reicht, über dem Kork aber nur wenig herausragt. Fülle das Fläschchen ganz mit Weingeist, Steinöl oder

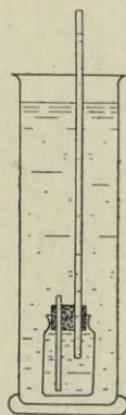


Fig. 67b.

mit einer andern Flüssigkeit, die leichter als Wasser ist. Setze den Kork wasserdicht auf und senke die Vorrichtung in ein hohes Gefäß voll Wasser. (RP 1, 45.)

e) Vgl. über „Eintauchverfahren“ auch MT 99.

**60.** Bestimmung der Dichten von Flüssigkeiten mit U-Röhren. a) Herstellung der Röhren. Biege eine beiderseits offene Röhre, die  $\sim 55$  cm Länge und 0,8 bis 1 cm lichte Weite hat, so daß der lange Schenkel  $\sim 40$  cm und der kurze Schenkel  $\sim 10$  cm lang wird (Fig. 68). Befestige die Röhre auf einem Brett und bringe neben jedem Schenkel eine Teilung an, die aus Millimeterpapier hergestellt ist. Hänge das Brett an einem Nagel auf oder befestige es an einem Grundbrett, das so groß ist, daß die Vorrichtung feststeht, und das mit einem hochstehenden Rande versehen ist, so daß ein flacher Trog gebildet wird, der zufällig verschüttete Flüssigkeiten (vor allem Quecksilber) auffängt. (W 32 Nr. 32.) Man kann auch den langen Schenkel mit zwei Gummiringen an einem aufrechten Stabe befestigen oder mit zwei Schleifen daran festbinden. Besser ist es, der Röhre die Gestalt zu geben, die in Fig. 69 abgebildet ist, und zwischen den beiden gleich langen Schenkeln nur eine Teilung anzubringen. Man kann auch zwei gerade Glasröhren, die oben etwas erweitert sind (vgl. F 1, 18 § 8, 8), unten durch einen kurzen Kautschukschlauch verbinden. Zur Befestigung der Röhren bohre man auf jeder Seite der Schenkel Löcher in das Brett, lege Zwirnsfäden

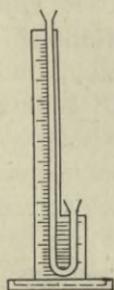


Fig. 68.

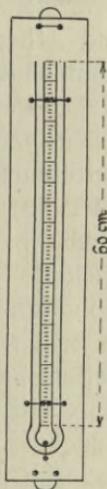


Fig. 69.

Man kann auch zwei gerade Glasröhren, die oben etwas erweitert sind (vgl. F 1, 18 § 8, 8), unten durch einen kurzen Kautschukschlauch verbinden. Zur Befestigung der Röhren bohre man auf jeder Seite der Schenkel Löcher in das Brett, lege Zwirnsfäden

oder Stücke weichen Kupferdrahts um die Schenkel, schiebe die Enden durch die Löcher und binde die Fäden oder drehe die Drahtenden auf der Rückseite zusammen. Man kann auch die Röhren mit

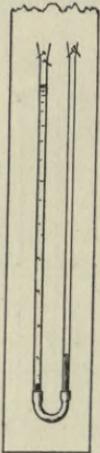


Fig. 70.

Nägeln (Fig. 70) an einem Tür- oder Fensterrahmen befestigen (B J 54 Nr. 83). Will man im Unterrichte die Dichten einiger Flüssigkeiten vergleichen, so richte man sich etliche Röhren her. Sehr empfehlenswert ist es, die Röhren mit gebogenen federnden Metallstreifen F (Fig. 71) an dem Brett zu befestigen. Man ziehe über den halbrund gebogenen Teil von F ein Stück Gummischlauch K und schraube das flache Ende E des Streifens mit einer Holzschraube H auf das Brett. (Mündliche Mitteilung des Herrn Prof. Trussiewitsch zu Warschau.) Nach F. C. G. Müller (M T 99) ist es zweckmäßig, an der tiefsten Stelle der U-Röhre einen Abflußstutzen anzubringen und ihn mit Gummischlauch und Quetschhahn zu verschließen. Man kann

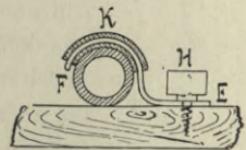


Fig. 71.

dann Quecksilber ablassen und die Trennungsf lächen beider Flüssigkeiten genau auf den Nullstrich der Teilung einstellen.

b) Gieße in den einen Schenkel der U-Röhre Quecksilber und in den andern Wasser (übergedampft es oder abgekochtes Wasser oder gefiltertes Regenwasser), Alkohol, Äther, oder in den einen Schenkel Wasser und in den andern Äther oder Ligroin (Petroleumäther) und zwar stets die schwerere Flüssigkeit zuerst. Ligroin, Petroleum und Äther darf man nicht bei Röhren verwenden, die durch einen Kautschukschlauch verbunden sind. Ist der Querschnitt der Röhre klein, was nicht empfehlenswert ist, so muß man beim Füllen einen Draht verwenden. Vergleiche so auch die Dichten von Milch, Öl, Petroleum, von Kochsalz- und Cuprisulfatlösungen. Nach F. C. G. Müller (M T 99) ist es lehrreich, die Lösung in dem einen Schenkel erst entstehen zu lassen. Man hängt z. B. eine mit feinem Eisendraht umwickelte Stange Ätzkali hinein. Einen Augenblick noch bleibt die Höhengleichheit bestehen, dann aber sinkt der Spiegel in diesem Schenkel in dem Maße, wie sich das Kali löst. — Mischen sich beide Flüssigkeiten, so muß man vorsichtig mit einem Trichter, der einen langen Hals mit ausgezogener Spitze hat, die leichtere auf die schwerere schieben. Halte dabei die Ausflußspitze dicht gegen die Röhre, so daß die Flüssigkeit an der Innenwand hinabfließt. Man kann auch eine schwerere Flüssigkeit, die sich mit beiden nicht mischt, z. B. Quecksilber, als Puffer eingießen. Der Druck beider Flüssigkeitssäulen ist gleich, wenn das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch steht. — Hat man zuviel von einer Flüssigkeit genommen, so entferne man den Überschuß mit einer Haarröhre oder mit einem Streifen

Fließpapier. — Schütte bei dem Entleeren der U-Röhre beide Flüssigkeiten in einen Trichter, dessen Hals du mit dem Zeigefinger verschließt, und laß erst die schwerere, dann die leichtere in untergesetzte Gefäße ablaufen. (Vgl. H H 174—177.)

### § 8. Archimedisches Gesetz.

**61.** Laß einen Schüler die Augen schließen, den Stopfen (Fig. 72) abwechselnd heben und senken und jedesmal melden, wann der Stopfen ins Wasser eintaucht und wann er es verläßt. Laß den Versuch mit einer Holzkugel wiederholen. (B J 25 Nr. 23.)

**62. a)** Binde um die Mitte eines Holzstabes einen Faden, so daß der Stab im Gleichgewicht ist, wenn man das Ende der Schnur

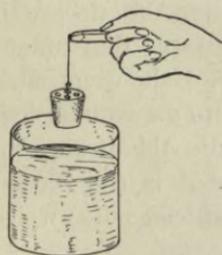


Fig. 72.

in der Hand hält (Fig. 73). Hänge an das eine Ende des Stabes einen Stein von der Größe eines Hühnereis und an das andere Ende einen kleinen Napf mit umgelegtem Rande. Schütte so viel Sand

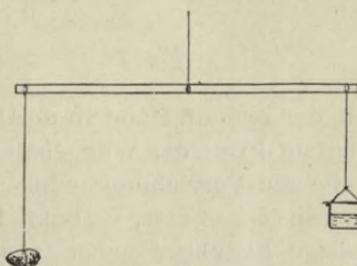


Fig. 73.

hinein, daß er dem Stein das Gleichgewicht hält. Laß den Stein in ein Gefäß mit Wasser eintauchen. Der Napf hält ihm nicht mehr das Gleichgewicht. Der Stein verliert im Wasser einen Teil seines Gewichts; das Wasser drückt ihn nach oben.

**b)** Hänge an jeden Arm des Holzstabes einen Napf und bringe beide ins Gleichgewicht. Binde den bei Versuch (a) benutzten Stein an das eine Ende des Holzstabes mit einem so langen Faden, daß der Stein unter dem Napf hängt, und schütte so viel Sand in den andern Napf, daß das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Fülle eine Kanne bis zum Rande voll Wasser. Stelle eine Schüssel unter die Tülle, um das auslaufende Wasser aufzufangen, und reibe die Unterseite des Tüllenrandes mit Talg ein, um zu verhindern, daß das Wasser an der Wand der Kanne hinabrinnt. Senke nun den Stein in die Kanne und fange das verdrängte Wasser auf. Das Gleichgewicht wird gestört. Fülle das abgelaufene Wasser in den Napf über dem Stein. Das Gleichgewicht wird wieder hergestellt. — (C E 29 Nr. 32, 34, 35.)

**63. a)** Mach einen Aufbau, wie er in Figur 74 abgebildet ist. Die kleine Flasche A ist mit Wasser gefüllt und hängt  $\sim 1,3$  cm über der Schale B. Baileys Gefäß C ist mit einem Kupferdraht so an den Hebel D gebunden, daß sich die Schleife ziemlich streng darauf verschieben läßt. Verrücke C behutsam längs dem rechten Arm von D,

bis der Behälter der Schale K, dem daraufstehenden Gefäß J und der Flasche A das Gleichgewicht hält und der Hebel D wagerecht steht. Fasse die Vorrichtung an dem lotrechten Stab E, hebe sie empor

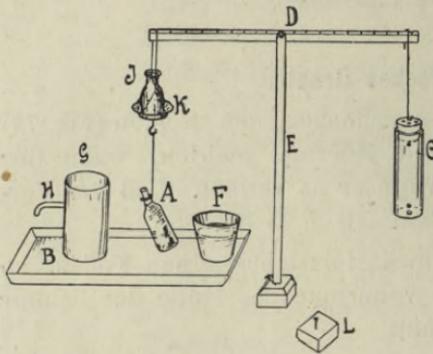


Fig. 74.

und setze sie so nieder, daß die Flasche A in das Glas Wasser F taucht. Das Gleichgewicht wird gestört. Hebe das Ende des rechten Arms von D etwas empor und beachte den Widerstand, der sich dieser Bewegung entgegenstellt. Versetze die Vorrichtung wieder in ihren frühern Zustand. — Gieße Wasser in die Blechbüchse G, bis etwas davon aus der Ablaufröhre H herausfließt. Entferne den untergesetzten Becher. Halte den Hebel mit der rechten Hand in der Mitte wagerecht fest, nimm die weithalsige Flasche J von der Wagschale K und stelle sie unter die Ablaufröhre H. Hebe die Vorrichtung empor und senke die Flasche A in die Blechbüchse G. Setze, sobald kein Wasser mehr ausfließt, die weithalsige Flasche J nebst Inhalt wieder auf die Schale K und tauche die Flasche A ganz unter Wasser. Nun herrscht Gleichgewicht. — Man kann auch an das rechte Ende des Hebels D eine Schale anhängen und das Gleichgewicht durch Abgleichen mit feinem Schrot herstellen. Dieses bewahre man in einem kleinen Napf auf, aus dem man es mit einem kleinen Blechlöffel entnimmt. (B J 61 Nr. 89.) — Vgl. über Wagen F 1, 17 § 8, 7c; 50 § 32 Nr. 55 und 56; 138 § 75 Nr. 321, 149 § 84 Nr. 348 bis 350, ferner diesen Band § 30 Nr. 582.

K. Rosenberg (R 1, 133) empfiehlt für den Versuch eine Federwaage (Fig. 74a) von folgendem Bau: Eine empfindliche Spule (Brasselettfeder) von  $\sim 1$  m Länge (vgl. R 1, 84) wird mit einem Drahthaken an einer Aufhängevorrichtung befestigt. In die Öse am untern Ende ist ein Draht eingehakt, woran rechtwinklig zu seiner Richtung mit Korkstückchen eine kreisrunde Pappscheibe angeleimt ist. Unten werden die Gefäße daran gehängt. Die Anfangslage der Kreisscheibe wird durch einen Zeiger festgelegt. Die Spule soll so lang und so empfindlich sein, daß sie

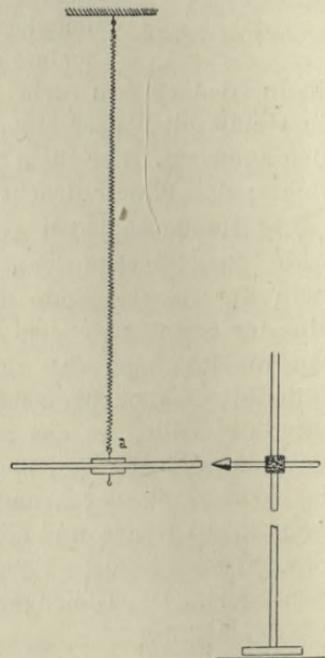


Fig. 74a.

sich um einige Zentimeter verlängert, wenn man ein Gewicht anhängt, das gleich dem Auftrieb ist.

F. C. G. Müller (M T 104) stellt das Überlaufgefäß her (Fig. 74b), indem er mit einer angefeuchteten Feile in den Rand eines 5 cm weiten Standglases eine 1 cm breite und ebenso tiefe Scharte und in diese eine Ausflurrinne aus Schablonenblech kittet.

b) Gröger (Z 2, 183; 1889) benutzt eine einfache Vorrichtung, die man selbst anfertigen kann. Sie besteht: 1. aus einem starkwandigen, unten zugeschmolzenen Glasröhrchen a (Fig. 74c) von ~ 9 cm Länge und 2 cm lichter Weite, das in einem aus starkem Kupferdraht gebogenen Gehänge b mit dünnem Kupferdraht c befestigt ist, 2. aus einem hohlen mit Quecksilber beschwerten Glaskörper d von 9 cm Länge und 1,7 cm äüßern Durchmesser und 3. aus der Meßröhre (Fig. 74d). Diese besteht aus einer 2 cm weiten, 20 cm langen Glasröhre und ist unten durch Gummischlauch und Quetschhahn verschlossen und an einem Gestell befestigt. In das Glas ist 9 cm

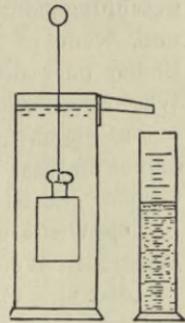


Fig. 74b.

vom obern Rand eine ringsherum laufende Marke m eingeritzt. — Hänge an den einen Arm des Wagebalkens das Gehänge mit dem Glasröhrchen a und daran mit einem dünnen 9,5 cm langen Drahte e den Körper d und bringe darauf die Wage ins Gleichgewicht. Fülle die Meßröhre bei geschlossenem Quetschhahn mit irgendeiner Flüssigkeit voll und laß diese durch Öffnen des Quetschhahns so weit abfließen, bis der Flüssigkeitsspiegel eben bis zu der Marke m reicht. Hänge den Körper d samt dem Draht e aus, senke ihn in die Meßröhre und halte ihn durch ein kleines auf dem Rande der Meßröhre aufliegendes Stäbchen s fest. Die Flüssigkeit in der Meßröhre steigt. Hebe das Gehänge b ab und laß in das Röhrchen a aus der Meßröhre so lange die Flüssigkeit ablaufen, bis ihr Spiegel wieder bei der Marke m steht. Halte bei den Ablesungen hinter die Meßröhre einen oben weiß und unten schwarz gefärbten Papierstreifen derart, daß die wagerechte Trennungslinie zwischen Schwarz und Weiß etwas unter der Marke m liegt. Hänge jetzt das mit der verdrängten Flüssigkeit gefüllte Röhrchen a und den Körper d wie früher wieder

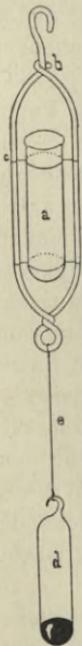


Fig. 74c.

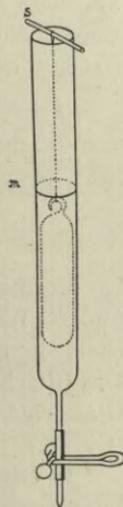


Fig. 74d.

an den Wagebalken. Stelle dann unter d ein Bechergläschen und fülle dieses so weit mit derselben Flüssigkeit, die in der Meßröhre ist, bis der Draht ebenso tief eintaucht, wie vorher unter die Marke m. Die Wage ist wieder im Gleichgewicht.

**64. a)** Beschwere ein Arzneifläschchen so mit Schrotkörnern, Sand u. dgl., daß es in Wasser untersinkt. Befestige es, gut verschlossen, an der einen Schale einer Wage mit einem um seinen Hals geschlungenen Pferdehaar und bestimme sein Gewicht in der Luft und, wenn es in Wasser ganz untergetaucht ist, ohne daß es den Boden oder die Wand des Gefäßes berührt. Der Unterschied beider Wägungen ergibt den Gewichtsverlust der Flasche im Wasser.

**b)** Beschwere das Fläschchen verschieden stark, doch stets so, daß es in Wasser ganz eintaucht, und bestimme jedesmal den Gewichtsverlust. Er ist immer gleich groß.

**c)** Wiederhole die Versuche, doch laß das Fläschchen statt in Wasser in Weingeist, Milch, Bier usw. eintauchen.

**d)** Fülle ein Trinkglas oder Einmacheglas so weit mit Wasser, daß das Fläschchen darin ganz untersinkt, das emporgedrückte Wasser aber nicht überfließt. Gleiche vor dem Eintauchen des Fläschchens das Glas nebst der erforderlichen Wassermenge auf der Wage ab. Bezeichne den Wasserstand nach dem Eintauchen des Fläschchens durch einen um das Glas gebundenen Faden. Nimm das Fläschchen heraus und fülle so viel Wasser nach, daß dessen Spiegel wieder den unverrückten Faden erreicht. Die nun ausgeführte Wägung ergibt, daß das Gewicht der hinzugegossenen Flüssigkeitsmenge genau so groß ist, wie der Gewichtsverlust des eingetauchten Fläschchens bei den Versuchen (a) und (b). — (H. Emsmann, Z F 2, 227; 1885.)

**65. a)** Ersetze an der Wage die eine Schale durch ein Pappkästchen (Fig. 75), das an vier kurzen Fäden hängt und in dessen Boden ein Drahthäkchen angebracht ist. Beschwere das Kästchen, so daß es der andern Schale das Gleichgewicht hält. Binde einen

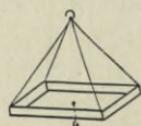


Fig. 75.

Stein von einigen hundert Gramm Masse an einen Faden oder einen Blumendraht. Fülle ein kleines Trinkglas bis zum Rande mit Wasser und tauche den Stein langsam hinein. Es fließt Wasser aus. Hebe den Stein langsam heraus. Sein Raum ist ebenso groß als der leere Raum des Trinkglases. Stelle das außen sorgfältig abgewischte Glas in das Kästchen, hänge den Stein an das Kästchen und belaste die andere Wagschale, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Tauche den Stein in ein großes Trinkglas oder ein Einmacheglas voll Wasser. Das Gleichgewicht wird gestört. Fülle das in dem Kästchen stehende Glas wieder genau bis zum Rande. Der Auftrieb wird ausgeglichen. (Cy 42.)

**b)** Statt des Kästchens kann man auch eine kleine Holzbrücke benutzen, die man so über die Wagschale stellt, daß sie diese nicht berührt, wenn Gleichgewicht herrscht. Den einzutauchenden Körper bindet man oben am Bügel der Wagschale fest. Den Raum des Steins usw. kann man auch nach einem der andern Verfahren bestimmen, die in F 1, 40 § 27 Nr. 22 und 23 angegeben sind. Be-

nutzt man dabei Ablaufgefäße, so gleiche man das Glas auf der Wage ab und lasse das ablaufende Wasser in das Glas fließen, während es auf der Wagschale steht. In Fig. 76 ist eine hübsche Ausführung des Versuchs dargestellt, die von R. Neumann herrührt: Klemme Niemöllers Ablaufgefäß in einem Retortenhalter oder sonstwie fest und schließe den Quetschhahn. Hänge den einzutauchenden Körper an dem Bügel der Schale mit einem Faden frei auf und gleiche ihn und die Untersatzschale ab. Fülle den Behälter mit Wasser. Der Auftrieb stört das Gleichgewicht. Öffne den Quetschhahn und laß das von dem Körper verdrängte Wasser in die Untersatzschale abfließen. Das Gleichgewicht wird wieder hergestellt. (R 1, 134.)

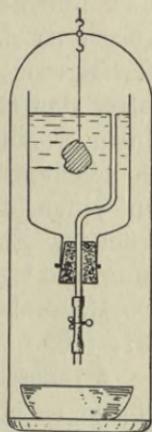


Fig. 76.

c) Stelle auf die Schale einer Tafelwage ein leeres kleines Meßglas und ein hohes Gestell, woran der Tauchkörper hängt, und auf die andere Schale die Abgleichung aus Gewichten, Wasser oder Schrot. Hebe nun von unten her ein anderes mit der nötigen Wassermenge gefülltes Meßglas soweit empor, daß der Körper eintaucht, fülle in das leere Meßglas auf der Wage Wasser und stelle so das Gleichgewicht wieder her. (V A 107.)

**66. a)** Hänge ein Gefäß an den einen Arm eines Wagebalkens und senke eine Holzwalze hinein, die an einem besondern Gestell befestigt ist (Fig. 77). Fülle den Zwischenraum zwischen den Wandungen des Gefäßes und des Holzkörpers mit Wasser. Der von diesem ausgeübte Druck ist so groß wie der Druck, der herrschen würde, wenn der Körper nicht vorhanden, sondern an Stelle seines eingetauchten Teils ebenfalls Wasser wäre. (Stevin, *Cœuvres mathématiques*, Leyden, 1634 p. 498.)

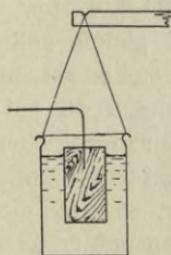


Fig. 77.

**b)** Setze auf eine Tafelwage ein Glasgefäß, das bis zu einer Marke mit Wasser gefüllt ist, senke einen Holzkörper von geeigneten Abmessungen so tief hinein, daß das Wasser die doppelte Höhe erreicht, stelle das Gleichgewicht der Wage wieder her und weise nach, daß sich das Gewicht des Wassers verdoppelt hat. (F. Poske, *Z F* 2, 69; 1885.)

**c)** Stelle ein Bleigewicht her (vgl. F 1, 52 § 33 Nr. 64), das genau 20 cm<sup>3</sup> Wasser verdrängt, demnach die Masse 226 gr hat. Bestimme den Auftrieb des Bleis (20 gr\*). Stelle auf eine Tafelwage ein größeres Glas mit Wasser, gleiche ab und senke das Blei, das an einem dünnen Draht hängt, so ins Wasser, daß es frei darin schwebt. Die Schale mit dem Glas sinkt. Lege, um das Gleichgewicht herzustellen, auf der andern Schale 20 gr zu. (W V 133. R 1, 135.)

d) Umgeb ein leichtes Glasgefäß (250 cm<sup>3</sup>) nahe am obern Rande mit einem leichten Messingreif, bringe daran einen umlegbaren Drahtbügel an und hänge damit das Glas an eine Drahtspule (F 1, 50 § 32 und 84, § 47). Tauche einen von dünnem Draht gehaltenen Körper so ein, daß er frei in der Flüssigkeit hängt, berechne aus der Verlängerung der Spule die Gewichtszunahme des Wassers und zeige, daß sie dem Gewichtsverluste des Körpers gleich ist, der in einem vorausgegangenen Versuch bestimmt worden ist. Körper, die leichter sind, als die Flüssigkeit, muß man bei diesem Versuch auf einen dünnen Draht spießen und in die Flüssigkeit hineindrücken. Entfernt man die eingetauchten Körper von ihrer Befestigung und legt sie ganz in das Glas, so liefert die Gesamtverlängerung des Meßdrahts das absolute Gewicht des Körpers. (W. Neu, Z F 2, 137; 1885.)

d\*) Beschwere ein langes Prüfglas mit Schrot und Wachs, verstopfe es oben, versiegle es, versieh es mit einem Drahtaken und richte so einen Tauchkörper her. Er soll sich mit einem Faden von oben her bequem in ein langes Meßglas einsenken lassen und darin den Wasserspiegel beträchtlich erhöhen. Setze dies Meßglas mit einer genügenden Menge Wasser auf die eine Schale, stelle auf die andere ein leeres kleines Meßglas und ein Gefäß mit Schrot oder Wasser und bringe damit die Wage wieder zum Einspielen. Senke nun von oben her den Tauchkörper ein, gieße mit einer Spritzflasche Wasser in das leere Meßglas und bringe so die Wage wieder zum Einspielen. (V A 107.)

e) Das tanzlustige Glas. (Fig. 78.) Schneide zwei Korke wie Bischofsmützen keilförmig zu, verschließe damit zwei gleich hohe

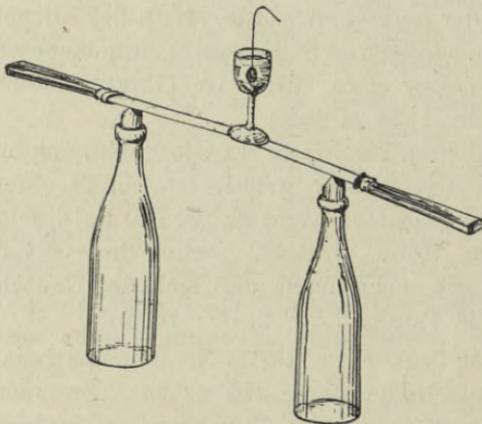


Fig. 78.

Flaschen und stelle sie in geeignetem Abstand so auf, daß die Korkschneiden gleich laufen. Lege auf jeden Kork ein Tischmesser, so daß die Klinge mit ihrem untern Teil auf der Korkschneide ruht, der Griff nach außen und die Spitze nach innen gekehrt ist, ohne daß sich jedoch die Messer berühren. Halte die Spitzen beider Klingen so zwischen Daumen und Zeigefinger, daß die Messer wagrecht liegen und stelle mit der andern Hand ein leichtes, mit

Wasser halb voll gefülltes Likörgläschen gleichmäßig auf beide Klingen. Nach einigen Versuchen gelingtes, durch Änderung des Flaschenabstandes

oder der Wassermenge das Gläschen auf den Messern in die Schwebelage zu bringen. Saug einige Wassertropfen heraus und bewirke so, daß sich die Klingen ein wenig heben. Tauche in das Wasser einen kleinen an einem Faden hangenden schweren Gegenstand, einen Metallknopf oder eine Bleikugel. Das auf den Messerklingen stehende Glas senkt sich ein wenig. Hebe die Kugel etwas aus dem Wasser heraus. Auch das Glas hebt sich und scheint dem Faden zu folgen, den man in der Hand hält. Senke und hebe die Hand in gleichmäßigem Takt. Das Glas gerät in eine lotrecht schwingende Bewegung. (L N 17, 128; 1889.)

**67. a)** Stelle auf eine Wagschale ein Becherglas, das teilweise mit Wasser gefüllt ist, lege einen Körper nebst Aufhängung daneben, der so groß ist, daß du ihn ins Wasser tauchen kannst, ohne daß es überfließt, und gleiche das Ganze ab (Fig. 79).

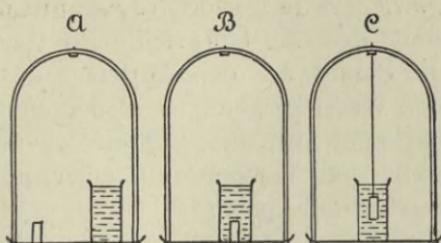


Fig. 79.

**b)** Lege den Körper behutsam in das Becherglas.

**c)** Hänge ihn an dem Bügel der Wagschale so auf, daß er frei ins Wasser eintaucht. Bei allen drei Versuchen ist die Wage im Gleichgewicht. (B Sch 50 Nr. 114.)

**68. a)** Hänge einen Körper an eine Federwaage, stelle eine Brief- oder Küchenwaage darunter und senke die Federwaage so weit, daß der Körper auf der Schale der untern Waage steht. Die obere Waage zeigt eine Gewichtsabnahme und die untere eine ebenso große Gewichtszunahme. (R 1, 136.)

**b)** Gleiche auf einer Tafelwaage ein Becherglas voll Wasser ab und ebenso an einer Krämerwaage ein daran hangendes Messinggewicht (200 gr). Stelle die Krämerwaage so auf, daß das Messinggewicht in das

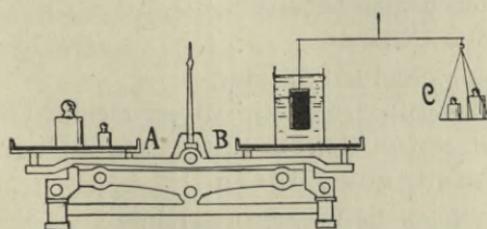


Fig. 80.

Wasser im Becherglas eintaucht (Fig. 80). Die Wagschale B mit dem Glas sinkt, das Messinggewicht an der Krämerwaage hingegen geht etwas in die Höhe. Lege auf der Wagschale A Gewichte zu, bis die Tafelwaage wieder ins Gleichgewicht kommt. Die

aufgelegten Gewichte sind gleich dem Gewichte des Wassers, das das Messingstück verdrängt hat. Vermindere die Belastung der Schale C um das Gewicht, das man auf A zugelegt hat. Nun stellt sich auch die Krämerwaage wieder in das Gleichgewicht. (R 1, 135. R. Berndl, P B 6, 22, 1900. Der Versuch war Schwalbe schon bekannt.) E. Grün-

feld (Z 24, 354; 1911) verwendet statt der Krämerwage eine Zeigerwage.

c) Stelle auf die Schale einer Tafelwage ein Gefäß mit Wasser und auf die andere ein Gestell. Befestige an diesem einen etwas starken Draht, biege ihn so um, daß sein hakenförmiges freies Ende in geeigneter Höhe über der ersten Wagschale liegt, ohne irgendwo zu berühren, und hänge mit einem dünnen Faden einen Körper daran, der dichter als Wasser ist. Laß den Körper frei in der Luft neben dem Wassergefäß herunterhängen und gleiche die Wage ab. Schiebe nun, ohne sonst etwas zu ändern, das Gefäß mit Wasser unter den Körper und laß ihn eintauchen. Das Gleichgewicht wird gestört. Lege auf die andere Wagschale Gewichte und stelle das Gleichgewicht wieder her. Diese Gewichtszulage ist gleich der Summe aus dem Auftriebe des Körpers und der Gewichtszunahme des Wassergefäßes, ist also doppelt so groß als der Auftrieb. Diesen bestimmt man durch einen Vorversuch. H. Teege (Z 22, 176; 1909) stellt den Versuch mit einer gewöhnlichen zweiarmigen Wage an. Das ist unbequem.

### § 9. Schwimmen.

**69. a)** Lege einen kleinen Holzklotz (Korkscheibe) auf Wasser und versuche, ihn mit einem Holz- oder Eisenstab auf den Boden hinabzudrücken.



Fig 81.

b) Benutze statt Wasser eine Kochsalzlösung.

c) Setze ein leeres Gefäß in ein anderes, das teilweise mit Wasser gefüllt ist (Fig. 81). Das kleine Gefäß schwimmt auf dem Wasser. Versuche, es hinunter zu drücken. Man muß einen beträchtlichen Druck ausüben, um es tiefer einzutauchen. (W E 45.) Als kleines Gefäß kann man auch ein Trinkglas und als großes ein Einmacheglas benutzen.

d) Gieß Wasser in das kleine Gefäß.

**70. a)** Lege Kupfer, Messing, Blei auf Wasser.

b) Gieße in eine Schale Quecksilber und lege Holz, Steine, Eis, Glas oder Kreide darauf, doch keine Gegenstände aus Silber, Gold oder einem andern Metall, außer Eisen.

**71. a)** Laß einen eisernen Nagel in Wasser untersinken.

b) Befestige ihn an einem großen Kork. Nun schwimmt er.

c) Lege auf einen in Wasser schwimmenden Kork so viel Geldstücke, daß  $\alpha$ ) bloß der Kork ganz untertaucht,  $\beta$ ) Kork und Belastung untersinken. (Poske, Naturlehre 61 § 54.)

d) Lege auf den Boden eines großen Einmacheglases voll Wasser ein kleines Bleigewicht, das mit einem nach oben gerichteten Haken versehen ist. Stecke einen Draht, der an dem einen Ende zu einem Haken

umgebogen ist, durch einen Kork und verschließe damit eine kleine Kochflasche (Fig. 82). Tauche die Flasche verkehrt ins Wasser, hake das Bleistück daran und laß es emporheben.

**72. a)** Gleiche zwei kleine Gläser auf der Wage ab. Gieß in das eine etwas Wasser und in das andere die gleiche Raummenge einer Mischung von Weingeist und Wasser und vergleiche die Gewichte beider Flüssigkeiten. Statt des verdünnten Weingeists kann man auch gleiche Raummengen Öl, Milch, Tee, Kaffee, Bier usw. nehmen.

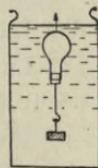


Fig. 82.

**b)** Schraube in einen Kork (oder ein Holzstück) einen Haken ein, belaste ihn mit verschiedenen Gewichten und beobachte, wie tief er jedesmal  $\alpha$ ) in Wasser,  $\beta$ ) in eine Kochsalzlösung usw. einsinkt.

**c)** Die Besenstiel-Briefwage (Fig. 83). Schneide von einem Besenstiel ein  $\sim 30$  cm langes Stück ab und beschwere das untere Ende mit einem Stück Eisen oder Blei so stark, daß der Holzstab  $\sim 20$  cm tief in Wasser einsinkt. Befestige mit einem kleinen Nagel an dem obern Ende als Brieffeller eine Besuchskarte. Senke das beschwerte Ende in ein Einmacheglas voll Wasser. Lege 20 gr (5 Zehnpfennigstücke vgl. F 1, 52 § 33 Nr. 63) auf die Karte. Der Stab sinkt tiefer ein. Bezeichne mit einem Bleistiftstrich die Höhe, bis wohin jetzt das Wasser reicht. Nimm die Münzen weg und lege auf die Besuchskarte den zu versendenden Brief. Bleibt der Bleistiftstrich über dem Wasserspiegel, so wiegt der Brief weniger als 20 gr und man kann ihn mit einer Zehnpfennigmarke frei machen. Sinkt dagegen der Strich unter den Wasserspiegel, so muß man das doppelte Postgeld bezahlen. (T T 1, 59.)



Fig. 83.

**d)** Beschwere eine Wachskerze am untern Ende mit einer erwärmten Schrotkugel und setze sie  $\alpha$ ) in Wasser und  $\beta$ ) in eine Kochsalzlösung.

**e)** Der Wasser-Leuchter (Fig. 84). Stecke in das untere Ende eines Kerzenstummels einen erwärmten Nagel. Sein Gewicht muß die in ein Glas voll Wasser gesetzte Kerze so tief einsenken, daß die Flüssigkeit zwar den oberen Rand berührt, doch den Docht nicht benetzt. Zünde das Licht an. Es brennt bis zum untern Ende nieder. Die Kerze wird beim Abbrennen leichter und steigt daher im Wasser empor. Das Wasser kühlt das Stearin ab; die Kerze brennt daher hohl, so daß der Docht zuletzt im Grund einer Grube steht, wie es die Figur zeigt. (Sch 440 Nr. 32.)

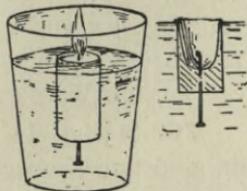


Fig. 84.

**73. a)** Lege einige Schrotkörner in ein Prüfröhrchen und laß es in einem Einmacheglas (in einem ziemlich großen Prüfglas) voll Wasser schwimmen.

**b)** Wirf mehr Schrotkörner hinein. Der Schwimmer sinkt tiefer ein. Bezeichne die Stelle, bis wohin er eintaucht. Sie soll etwa um  $\frac{1}{4}$  der Länge des Röhrchens vom obern Rande abstehen.

**c)** Laß das Prüfröhrchen in Weingeist, in einer gesättigten Kochsalzlösung oder in Schwefelsäure schwimmen.

**d)** Man kann auch eine Glasröhre unten zuschmelzen, Quecksilber hineingießen, zukorken und sie dann in verschiedenen Flüssigkeiten schwimmen lassen.

**74.** Verfertige aus zwei Glasscheiben und dünnen Holzleisten einen wasserdichten Trog (Fig. 85). Stelle zunächst einen dreiteiligen Holzrahmen her und verkitte die Fugen mit Siegellack. Überziehe

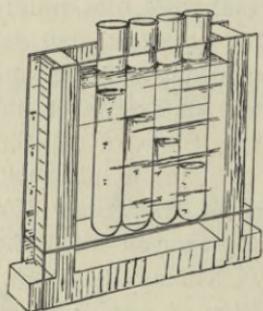


Fig. 85.

die Seiten des Holzrahmens mit Siegellack, lege eine Glasscheibe darauf und erwärme sie ganz schwach. Laß, sobald der Siegellack vollständig geschmolzen ist, die Scheibe abkühlen und verglase dann ebenso die andere Seite. Der Trog soll  $\sim 13$  cm hoch und 10 cm breit sein. Laß darin gleich schwere Prüfröhrchen schwimmen, die Flüssigkeiten verschiedener Dichte enthalten. Passe die Flüssigkeitsmengen so ab, daß die untern Enden der Gläschen alle in einer Wagerechten liegen.

Spanne einen Kautschukring als Marke rings um den Trog. Die Höhen der Flüssigkeitsäulen ändern sich mit ihren Dichten. Der Versuch eignet sich gut zum Bildwurf. (S1 107.) — Vgl. F 3, 153, 302 u. S. 388.

**75.** Fülle ein Wasserglas, das auf einer Untertasse steht, bis zum Rande voll Wasser und laß ein Stück leichtes Holz darauf schwimmen. Es verdrängt etwas Wasser. Nimm das Holzstück heraus, fülle das Glas wieder voll und laß ein schwereres Holzstück von gleichem Rauminhalt darin schwimmen. Es wird mehr Wasser verdrängt als vorher. Gieße das übergelaufene Wasser jedesmal in Prüfröhrchen von gleichem Durchmesser (0,6 cm) und vergleiche die verdrängten Wassermengen. (B S 111 Nr. 131.)

**76.** Mache ein Zigarrenkistchen oder eine ähnliche Holzschachtel mit gelöstem Kautschuk oder mit Wachs wasserdicht. Bestreiche die Außenwände mit Schellacklösung, damit das Holz während des Versuchs kein Wasser verschluckt. Kite mit Schellacklösung eine aus Millimeterpapier hergestellte Teilung so auf eine Seite, daß man daran die jeweilige Einsenkung des Gefäßes in Wasser ablesen kann. Miß

Länge, Breite und Höhe des Kistchens ( $\sim 20, 10, 12$  cm) und wäge es ( $\sim 200$  gr). a) Laß das leere Kistchen auf Wasser schwimmen. Man liest an dem eingetauchten Teil 20, 10 und 1 cm ab; hieraus folgt, daß das Gefäß  $200\text{ cm}^3$  Wasser, die 200 gr wiegen, verdrängt hat. b) Setze Gewichtsstücke (400 gr) in das Kistchen. Die Abmessungen des eintauchenden Teils sind 20, 10 und 3 cm. Es hat der eingetauchte Körper jetzt  $600\text{ cm}^3$  Wasser verdrängt, die 600 gr wiegen. (Weiler, P P 2, 105; 1889.)

77. Für genauere Versuche über das Schwimmen sind Holzstücke oder eine etwas tiefe Glasschale (L F 1, 2, 826), die man von einer Retorte abgesprengt hat, nicht empfehlenswert, da sie sich leicht an die Gefäßwand anlegen. Hingegen eignen sich (nach WV 135) recht gut als Schwimmer ein Apfel oder ein Kochfläschchen von 6 bis 8 cm Durchmesser. Dieses beschwert man durch Einschütten von Sand oder Schrotkörnern so weit, daß es bis zur Mitte des Halses einsinkt (Fig. 86). Soll der Schwimmer in enge Gefäße eintauchen, so benutze man statt des Fläschchens ein Prüflingglas oder eine unten zugeschmolzene Glasröhre mit Sand-, Schrot- oder Quecksilberbelastung. Man kann das Gewicht der zugekorkten Schwimmer auf kleinen daran geklebten Schildchen vermerken.

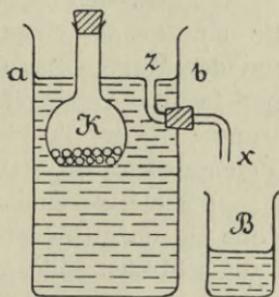


Fig. 86.

Zur Bestimmung der Wassermenge, die ein dünner Schwimmer verdrängt, kann man ihn in ein enges geeichtes Meßgefäß (vgl. F 1, 39 § 26) eintauchen und daran den Raum des verdrängten Wassers ablesen. Genauere Ergebnisse erhält man, wenn man an dem Gefäß, in das man den Schwimmer setzen will, zuvor den Wasserstand bezeichnet, nach dem Einsenken mit einer Saugröhre so viel Wasser herausaugt, daß der frühere Wasserstand wieder hergestellt wird, und dann das herausgenommene Wasser wägt. — Bei dicken Schwimmern füllt man eine Kanne bis zum Rande voll Wasser, reibt die Unterseite des Tüllenrandes mit etwas Fett ein, stellt eine Schüssel unter die Tülle, um das ablaufende Wasser aufzufangen, und setzt den Schwimmer ins Wasser. Bessere Ergebnisse erzielt man bei Benutzung eines Ablaufgefäßes (vgl. F 1, 40 § 72 Nr. 22), wobei man den oberen Rand (Fig. 86) mit etwas Fett bestreicht. Man wiederhole die Versuche auch mit gesättigten Lösungen von Kochsalz und Kuprisulfat und mit vergälltem Weingeist.

Daß ein schwimmender Körper so tief eintaucht, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge gleich seinem Gewicht ist, zeigt man auf eine der folgenden Weisen:

a) Hänge an jeden Arm des Holzstabes (vgl. S. 35 Nr. 62 b) einen Napf und bringe beide ins Gleichgewicht. Tauche den Schwimmer

in das Ablaufgefäß, das so aufgestellt ist, daß das verdrängte Wasser in den einen Napf fließt, und lege den gut abgetrockneten Schwimmer in den andern Napf.

b) Stelle ein leeres Becherglas B (Fig. 86) auf die eine Wagschale und gleiche ab. Senke den Schwimmer K in das Ablaufgefäß, fange das verdrängte Wasser mit B auf, setze das Becherglas wieder auf die Wagschale und lege den gut abgetrockneten Schwimmer auf die andere Schale (B Sch 50 Nr. 115).

c) Wiederhole den Versuch Nr. 63a (S. 35, doch benutze statt des Fläschchens A den Holzklötz L. (B J 63 Nr. 90).

d) Setze den Schwimmer zusammen mit dem Becherglas auf die eine Schale einer Tafelwage, gleiche ab und nimm ihn dann von der Wage. Das Gleichgewicht wird gestört. Setze den Schwimmer in das Ablaufgefäß, das so aufgestellt worden ist, daß das verdrängte Wasser in das Becherglas auf der Wage fließt. Es tritt wieder Gleichgewicht ein. (O. Ehrhardt, Z 4, 139; 1891.)

e) Schmelze eine 1,7 cm dicke Glasröhre h (Fig. 86 a) unten zu, ziehe sie oben (bis zur Gesamtlänge 9 cm) eng aus, ohne sie zu verschließen, und belaste sie so stark mit Quecksilber, daß der ausgezogene Teil etwas in die Flüssigkeit eintaucht. Trockne die Röhre ab, befestige sie mit einem Drahtaken an dem Gehänge b (Fig. 74 c S. 37), hänge das Ganze auf die eine Seite der Wage und gleiche ab. Fülle die Meßröhre (Fig. 74 d S. 37) bis zur Marke mit Flüssigkeit und laß das Röhrechen darin schwimmen. Laß die von dem schwimmenden Körper verdrängte Flüssigkeit in das Röhrechen a ab und bringe es samt Gehänge auf die Wage zurück. Es herrscht wieder Gleichgewicht.

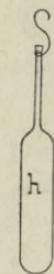


Fig. 86a.

(Gröger, Z 2, 183; 1889.)

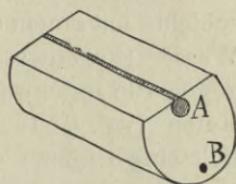
77\*. Setze in die Vorrichtungen, die in Fig. 33 bis 35 (S. 16 und 17) abgebildet sind, ein mit Schrot beschwertes Prüfglas (40 gr) und bestimme die Zunahme des Bodendrucks.

78. a\*) Versuche, ein leeres Prüfglas in aufrechter Stellung in Wasser schwimmen zu lassen. Das Glas fällt stets auf die Seite. Drücke es tiefer ins Wasser hinein. Nach dem Loslassen steigt es wieder empor und legt sich um.

a\*\*) Laß Schrotkugeln in das Glas hinabrollen. Es nimmt eine immer steilere Stellung an und richtet sich schließlich auf. Laß noch einige Schrotkörner hineinfallen und lege es auf die Seite. Nach dem Loslassen richtet es sich wieder auf, schwingt und kommt schließlich zur Ruhe. — (B L U 55.)

a) Befestige an einen paraffinierten Kork ein Stück Blei und passe beides so ab, daß die Dichte dieser Vereinigung gleich der des Wassers ist. Laß diesen Körper in Wasser schwimmen. (L F 1, 2, 832.)

b) Stecke durch einen etwas großen Kork mitten zwischen Achse und Mantel einen  $\sim 33 \text{ gr}^*$  schweren dicken Messingdraht oder einen Bleizylinder A und diesem gegenüber nahe am Mantel einen dünnern B, der  $\sim 10 \text{ gr}^*$  schwer ist (Fig. 87). Sind die Verhältnisse richtig getroffen, so kann der Kork kipp-sicher schwimmen, auch wenn der dicke Draht oben liegt. Schaukelt man aber den Kork zu stark, so schlägt er um. Ist der dicke Draht zu schwer, so beschneide man den Kork und befeile den Draht. (L F 1, 2, 833.)



(1:2)

Fig. 87.

c) Laß eine Halbwalze aus Tannenholz von 10 cm Länge und Breite auf der runden und auf der flachen Seite schwimmen und zeige, daß ein solcher Körper auch kipp-sicher schwimmen kann, wenn der Schwerpunkt nicht seine tiefste Lage hat. (M T 106.)

**79.** Der Seefisch. Schneide aus einem leichten Stück Tannenholz ein dreiseitiges Prisma. Die Länge betrage  $\sim 5 \text{ cm}$ , die Seiten der dreieckigen Stirnflächen seien 2 cm lang. Das Prisma soll einen Seefisch vorstellen (Fig. 88). Bemale die eine Längskante, die den Rücken darstellt, schwarz und die gegenüberliegende Seite, den Bauch, weiß. Zeichne auf eine der Stirnflächen zwei große Augen und das Maul.

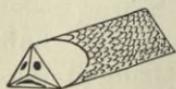


Fig. 88.

a) Lege den Fisch in ein Gefäß mit stark salzigem Wasser. Er schwimmt auf der Oberfläche mit herausragenden Rücken.

b) Lege ihn in eine Schale mit reinem Wasser. Er dreht sich um und schwimmt mit dem Bauche oben wie ein toter Fisch.

c) Ein paraffiniertes dreiseitiges Korkprisma schwimmt im reinen Wasser mit herausragender Längskante wie der Seefisch im Salzwasser. (T T 2, 31.)

**80.** a) Knete 1 Gwt. Zinnober mit 226 Gwt. Wachs zusammen und laß das Gemenge in Wasser schweben.

b) Laß Bernstein oder eine Mischung von Kork und Siegellack in Wasser schweben.

**81.** Das Ei des Aristoteles. a) Verschaffe dir zwei kleine Gurkengläser A und B und ein doppelt so großes Einmacheglas C. Befestige einen Faden mit Siegellack an einem frischen Ei, dessen Schale keine Sprünge hat. Fülle das Glas A mit reinem Wasser und lege das Ei hinein. Es sinkt unter. Lege es in das Gefäß B, das mit stark gesalzenem Wasser gefüllt ist. Das Ei schwimmt oben, auch wenn es hinabgestoßen wird. Gieße in das Gefäß C Wasser aus A und Salzlösung aus B. Nach einigen Versuchen gelingt es, eine Mischung herzustellen, in deren Mitte das Ei schwebt. Wirf eine

Hand voll Salz in das Glas C. Das Ei steigt in die Höhe. Gieße reines Wasser hinzu. Das Ei sinkt. (Aristotelis Meteorol. c. 2. T T 2, 27.)

b) Fülle ein Einmacheglas mit sehr stark gesalzenem Wasser und schichte mit einem dünnhalsigen Trichter langsam und vorsichtig reines Wasser (Regenwasser) darüber, halte dabei den Hals des Trichters gegen die Innenwand des Glases und laß das Wasser daran hinunter laufen (vgl. § 19 Nr. 287). Zwischen beiden Flüssigkeiten bildet sich eine Grenze, die fürs Auge kaum wahrnehmbar ist, selbst wenn man das Glas gegen das Licht hält. Laß ein Ei vorsichtig in das Wasser gleiten. Es sinkt darin unter, schwimmt aber auf der Salzlösung und bleibt nach einigen Schwingungen mitten im Glas schweben. (D 117.)

**82.** Laß ein Stück einer Stearinkerze erst in Wasser schwimmen, dann in Weingeist untersinken. Bringe sie in einer unvollkommen durcheinander gerührten Mischung aus Wasser und wenig Weingeist zum Schweben. (W V 134.)

**83.** Beschwere ein Arzneifläschchen so stark mit Schrot, Sand u. dgl., daß nach dem Verschließen sein Gewicht in der Luft genau so groß ist, wie sein Gewichtsverlust beim vollständigen Eintauchen in eine Flüssigkeit, und bringe dann das Fläschchen in ein hohes Einmacheglas, das mit dieser Flüssigkeit gefüllt worden ist. Das Fläschchen schwebt. Belaste das Fläschchen stärker durch Hineinwerfen eines kleinen Schrotkorns. Es schwebt in größerer Tiefe. Erleichtere das Fläschchen ein wenig. Es kommt in geringerer Tiefe zum Schweben. Erleichtere es mehr und mehr. Es steigt immer höher, ragt endlich aus der Oberfläche teilweise heraus und schwimmt auf der Flüssigkeit. (Emsmann, Z F 2, 227; 1885.)

**84.** Lege beim Frühstück ein Stück Weißbrot mit der Kruste auf den Kaffee (Wasser). Es schwimmt einige Zeit, kippt dann plötzlich um, dreht die Kruste nach oben und sinkt endlich unter.

**85.** Nichtschwimmer. a) Setze einen flachen eingefetteten oder paraffinierten Kork, der auf der Unterseite einen ganz ebenen Spiegel hat, auf den Boden einer Glasschale, auf die zuvor etwas Bärappsamem gestreut worden ist, drücke den Körper mit einem Finger oder Glasstabe fest gegen seine Unterlage und gieße vorsichtig Quecksilber, Wasser, Weingeist oder Äther in die Schale, bis der Kork ganz bedeckt ist. Dringt die Flüssigkeit nicht unter den Kork, so bleibt er, da kein Auftrieb wirkt, auch nach dem Wegnehmen des Fingers auf dem Boden liegen. Nach leisem Anstoßen aber schnellert er empor. Statt des Korks kann man auch einen Gummistopfen (keinen Äther darübergießen) oder ein großes Papierblatt nehmen.

W. Volkmann (VA 108) verwendet bei dem Versuch Quecksilber, ein sauber gehobeltes Holzklötzchen und ein Glasgefäß mit recht ebenem Boden (einen aus Spiegelglasplatten zusammenge kitteten Kasten). Rosenberg (R 1, 137) benutzt einen eisernen Würfel (Walze, Scheibe) mit einer recht ebenen Fläche.

b) Schmelze in einem Blechlöffel ein kleines Stück einer Stearinkerze und gieße etwas davon auf eine wagerechte Spiegelglasscheibe, so daß es einen Kreis höchstens von 1,5 cm Durchmesser bildet. Drücke dann, ehe die Masse erstarrt, ein rund geschnittenes Stück Kork von  $\sim 1$  cm Durchmesser und 0,5 bis 1 cm Höhe darauf. Schiebe nach dem Erkalten den Kork samt dem daran haftenden Stearin vorsichtig zur Seite und löse ihn so von der Glasscheibe ab. Lege diese auf den Boden eines geräumigen Trinkglases, bestäube sie mit Bärlappsamen, lege dann den Stearin-Kork-Schwimmer mit seiner ebenen Fläche auf die bestäubte Scheibe, drücke ihn mit einem Stäbchen sanft gegen die Unterlage und gieße vorsichtig Wasser in das Gefäß. Entferne das Stäbchen. Der Schwimmer haftet am Boden. Verschiebe ihn etwas mit dem Stäbchen. Er steigt empor. (W V 146.)

c) Kite die gewölbte Seite eines gut abgeschliffenen Uhrglases mit Siegellack an einen Kork oder Holzklötz (Fig. 89). Lege eine dicke Spiegelglasplatte auf den Boden einer Schale und setze das Uhrglas darauf. Drücke mit einem Holz- oder Glasstab den Kork leicht gegen den Boden und gieße Wasser in die Schale. Der Kork steigt auch nach dem Entfernen des Stabes nicht empor. Hebe ihn ein wenig an. Das Wasser dringt darunter und treibt ihn empor. (B Sch 50 Nr. 113.)

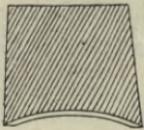


Fig. 89.

d) Drehe aus Holz einen abgestumpften Kegel oder eine Walze von  $\sim 10$  cm Durchmesser (Fig. 89 a), höhle den Körper auf der untern

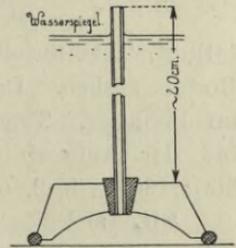


Fig. 89 a.

Seite aus und lege am untern äußern Rande einen Gummiring ein. Setze in der Mitte der obern Fläche mit einem Gummistopfen eine 8 bis 10 mm weite Glasröhre ein. Gleiche das Ganze so ab, daß der Körper noch schwimmt, auch wenn er keine Luft enthält. — Verschließe mit dem Finger die Öffnung der Glasröhre, die zugleich als Handhabe dient, senke dann den Körper bis auf den ebenen Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes. Er bleibt hier haften, falls man zuvor den Finger entfernt und so den innern Druck gleich dem Luftdruck gemacht hat, mithin kleiner als den Druck, der auf die obere Fläche wirkt. Ist der Boden des Gefäßes nicht eben, so legt man eine ebene Glasplatte darauf. — Verschließe die obere Öffnung der Röhre durch einen Pfropfen und entferne ihn nicht nach

dem Einsenken des Körpers. Die Vorrichtung steigt sofort empor (Überdruck der beim Einsenken zusammengepreßten Luft). — Schließt der Gummiring des an dem Boden haftenden Körpers nicht dicht, so dringt allmählich Wasser ein. Sobald es die Aushöhlung gefüllt hat und in der Röhre bis nahe an den Wasserspiegel emporgestiegen ist, taucht der Körper empor. Noch auffallender wird die Tatsache, daß das eindringende Wasser den Körper zum Schwimmen bringt, wenn man von oben Wasser in das Rohr einfüllt. Auch dann steigt der Körper empor. Spies (Z 18, 348; 1905.)

e) Mach ein Trichterrohr (Fig. 89b) durch einen Kork schwimmfähig. Drücke es in Wasser hinein. Es steigt wieder zum Wasserspiegel empor. — Stelle auf den Boden eines Behälters voll Wasser eine Glasschale mit einer 1,5 bis 2 cm hohen Quecksilberschicht. Verschließe den Trichter oben mit dem Finger und drücke ihn ins Quecksilber hinab. Nimm den Finger weg. Der Trichter wird mit einiger Kraft nach unten gedrückt und das Quecksilber steht im Trichter höher als in der Schale. Hebe die Vorrichtung etwas empor. Es dringt Wasser ein und fließt Quecksilber aus. Nach einiger Zeit ist so viel Wasser eingetreten, daß die Vorrichtung nach dem Loslassen auf dem Quecksilber, aber noch nicht im Wasser schwimmt; hierzu reicht der Auftrieb erst aus, wenn der Wasserstand in der Röhre eine bestimmte Höhe überschreitet. Aber auch wenn man den schwimmenden (also mit Wasser gefüllten) Trichter oben mit dem Finger verschließt, bleibt er auf dem Boden stehen. Dabei ist der Wasserstand im Trichter niedriger als im Behälter. Träufle mit einer Saugröhre in den Trichter Wasser, bis der Auftrieb den Trichter empordrückt. (Rebenstorff, Z 19, 360; 1906. R 2, 62.) Vgl. Nr. 352\*.

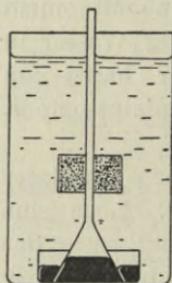


Fig. 89b.

86. a) Fülle ein  $\sim 15$  cm hohes Becherglas 12,5 cm hoch mit reinem Wasser. Gieße durch einen Glastrichter, der 15 cm lang ist, Schwefelsäure in den Becher, bis das Wasser den oberen Rand erreicht. Beim Eingießen muß der Trichter bis auf den Boden des Glases reichen, damit die schwerere Schwefelsäure eine Schicht unter dem Wasser bildet. Der losgelassene Trichter schwimmt frei im Wasser. Drücke ihn etwas hinunter. Wie ein Kork steigt er wieder empor. Wird der Trichter ins Wasser getaucht, so stellt sich zunächst der Wasserspiegel innen und außen gleich hoch. Sobald aber die untere Öffnung des Trichters von Schwefelsäure umgeben ist, tritt ein Höhenunterschied der Flüssigkeitspiegel ein. Der Abdruck des äußeren Wassers hält nur einer Säuresäule von geringerer Höhe das Gleichgewicht; es steht daher die Flüssigkeit innen tiefer als außen. Dieser Höhenunterschied wirkt gerade so, als ob der Trichterhals unten durch einen Kork verschlossen wäre. Der Trichter schwimmt also

ähnlich wie ein leeres Gefäß auf Wasser. An Stelle des Trichters kann man einen röhrenförmigen Schaumweinkelch benutzen, dessen Fuß abgeschlagen worden ist, auch darf man die Säure ersetzen durch eine gesättigte Lösung von Natriumthiosulfat oder durch eine andere Flüssigkeit, deren Dichte größer als die des Wassers ist. (Vgl. L F 1, 2, 857. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Phys. <sup>11</sup> 74. Oswald-Luther, Physiko-chemische Messungen <sup>3</sup> 184.) Gießt man, während der Trichter schwimmt, Schwefelsäure nach, so steigt er noch höher aus dem Wasser; gießt man Wasser nach, so sinkt er tiefer ein. (R. W. Wood, Scientific American 1892, daraus P P 5, 132; 1892.) Vgl. S. 32 Nr. 59.

b) Beschwere das eine Ende eines Holzstabes von  $\sim 25$  cm Länge mit Blei, bis die Vorrichtung in Steinöl untersinkt, in Wasser dagegen mit  $\sim \frac{11}{12}$  seines Raums eintaucht. Setze nun die Vorrichtung in ein Standglas, worin gerade so viel Wasser enthalten ist, daß sie darin schwimmt (Fig. 89c). Gieße dann auf das Wasser so viel Steinöl, daß es die Vorrichtung ganz bedeckt (Fig. 89d). Das Gerät steigt beim Aufgießen des Steinöls und steht am höchsten, wenn es ganz mit Steinöl bedeckt ist. Untersuche die Beziehungen zwischen dem Gewicht der Vorrichtung und dem Gewicht des verdrängten Wassers (Fig. 89c) und zwischen dem Gewichte des Geräts und den Gewichten des verdrängten Wassers und Steinöls (Fig. 89d). (W. N. Mumper, School Science 9, 297; 1909. Z 22, 250; 1909.)

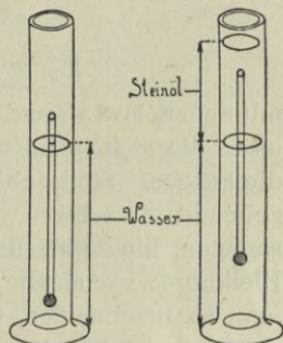


Fig. 89c.

Fig. 89d.

**87.** Schwimmender Zucker. Tauche mit einer Zange einige Zuckerstücke in eine Tasse, die einprozentisches Kollodium enthält, wie es die Photographen benutzen, und lege die Stücke ein oder zwei Tage lang an die Luft, so daß aller Äther verdampft. Bringe ein solches Zuckerstück in ein Glas Wasser. Es geht zunächst unter, steigt aber nach kurzer Zeit wieder an die Oberfläche, wo es nun bleibt. Es schwimmt nicht der Zucker, dieser hat sich im Wasser aufgelöst, sondern das Kollodiumgewebe, das alle Lücken ausgefüllt und nach der Trennung vom Zucker dessen Gestalt und Aussehen beibehalten hat. Faßt man den schwimmenden Körper mit der Hand an, so fühlt man, daß er weich und schwammig ist. (T T 2, 29.)

## § 10. Bestimmung der Dichte.

**88.** a) Bringe die Schalen KK (Fig. 90) durch Verschieben des Reiters R, der auf den Wagearm D festgeklemmt ist, vollständig ins Gleichgewicht. Hänge den Kautschukstopfen S an den Haken und gleiche ihn mit Schrotkörnern ab, die alle von gleicher Sorte

sind. Zähle die Schrotkörner. Stelle ein Glas Wasser F so unter dem Stopfen auf, daß er ganz eintaucht. Schüttele den Stopfen, um alle Luft aus den Löchern zu beseitigen. Nimm so viel Schrot weg,

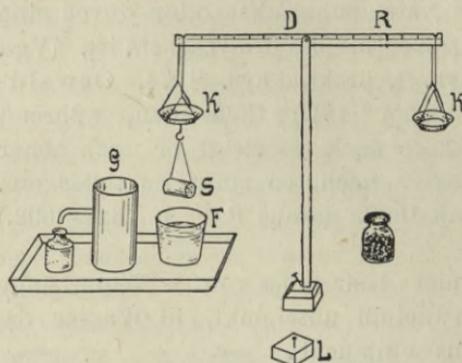


Fig. 90.

bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, soweit dies mit dem Schrot zu erreichen ist. Zähle die zurückgebliebenen Schrotkörner. Berechne aus den Abzählungen die Dichte des Kautschukstopfens.

b) Die Waage gestattet jedoch viel feinere Messungen. Schneide mit dem Messer oder einer Schere ein Stück Tapeziererblei in schmale Streifen von überall gleicher Breite. Gleiche einen Streifen

mit dem Schrot ab und zerschneide ihn in so viel rechteckige Stücke, daß jedes die gleiche Masse wie das Schrotkorn hat. Halbiere und viertle die Stücke. Stelle ebenso drei oder vier Gewichte her, die fünf- oder zehnmal so schwer als ein Schrotkorn sind. Rolle die Stücke zusammen, klopfe sie flach und schreibe eine V oder X darauf. Auch Bleiknöpfe, wie sie die Schneiderinnen verwenden, und Bleikugeln kann man so beschneiden, daß sie die Masse von 10 Schrotkörnern haben.

c) Lege 100 Schrotkörner in die eine Wagschale K und gieße in die andere so viel Wasser, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Miß den Raum des Wassers in Kubikzentimetern und berechne daraus die Masse eines Schrotkorns. Vgl. F 1, 52 § 40 Nr. 63—65. (B J 64, Nr. 91; 68.)

d) Bestimme ebenso die Dichte von Glas, Marmor, Bergkristall, Kohle, Aluminium, Eisen, Zink, Messing, Blei, Metallketten, Münzen usw. Bei der Bestimmung der Dichte des Glases kann man eine kleine offene Flasche, in die das Wasser eindringen kann, oder einen Stöpsel benutzen. Verwendet man einen Glasstöpsel, so sehe man nach, ob er innen nicht hohl ist. Zum Aufhängen nehme man dünne Fäden aus Zwirn oder Seide oder ganz dünne Drähte (Blumendraht). Bei Münzen lege man den Draht um den Rand.

89. Bestimme die Dichte von Zucker, Kochsalz, Soda und Alaun durch Ermittlung des Auftriebes in Terpentinöl.

90. a) Wäge einen rechteckigen Holzklötz L (Fig. 90), miß seine Länge, Breite und Höhe und berechne seinen Rauminhalt und seine Dichte.

b) Bestimme, wieviele Schrotkörner dem Klotze das Gleichgewicht halten. Stecke eine Nadel hinein, ermittle mit dem Ablaufgefäß G die Menge des von dem Holz verdrängten Wassers und stelle fest, wieviele Schrotkörner die gleiche Masse haben. Berechne die Dichte des Holzes.

c) Binde an den Holzklotz ein Stück Blei oder Eisen, das ihn im Wasser zum Untersinken bringt, und bestimme mit der Wage die Dichte des Holzes nach dem Auftriebverfahren. — (B J 65 Nr. 92; 67 Nr. 98; 69 Nr. 99.) Ermittle ebenso die Dichte von Wachs, Stearin, Paraffin, Kork usw. Man kann dabei die Körper mit Bleidraht oder mit einem Metallnetz umwickeln oder ein federndes Metallstück daran klemmen.

**91.** a) Bestimme, wieviel Schrot einer kleinen Flasche, an deren Hals eine Fadenmarke angebracht ist, das Gleichgewicht hält, wenn sie leer, mit Wasser und mit Steinöl bis zur Marke gefüllt ist. Berechne daraus die Dichte des Steinöls. b) Ermittle ebenso die Dichte von Quecksilber, gesättigten Lösungen von Kochsalz und Cuprisulfat, Weingeist, Äther, Öl.

**92.** Bestimme den Auftrieb eines Glasstöpsels erst in Wasser, dann in einer andern Flüssigkeit (in gesättigten Lösungen von Kochsalz, Cuprisulfat, starker Schwefelsäure, Tetrachlorkohlenstoff, Alkohol) und berechne daraus deren Dichte.

**93.** Zieh beide Enden einer leichten Röhre P dünn aus (Fig. 91). Benutze die Röhre wie das Fläschchen in Nr. 91; wäge sie, wenn sie leer, voll Wasser und mit der Flüssigkeit gefüllt ist. Dieses Röhrchen wendet man an, wenn man nur kleine Flüssigkeitsmengen zur Verfügung hat. Flüssigkeiten, die nicht in den Mund kommen dürfen, saugt man mit der Mantelröhre Q ein, wobei man R in den Mund nimmt. Nach dem Einsaugen nimmt man P aus Q heraus und wischt beide Enden ab. (G 61.)

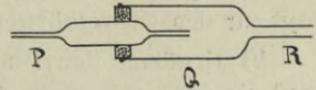


Fig. 91.

**94.** Bestimme mit dem Fläschchen die Dichte von feinkörnigen oder gepulverten Körpern (von Mercurisulfid, Mercurioxyd, feinen Schrotkörnern, Abgleichgranaten, grobem Schmirgel).

**94\*.** Setze einen faustgroßen dünnwandigen Glaskolben (Fig. 91a) in ein großes Gefäß mit Wasser, fülle in den Kolben so viel Wasser, daß nur etwa ein Viertel des Halses aus dem Wasser herausragt, be-

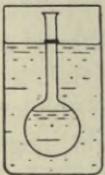


Fig 91a.

zeichne die Tiefe des Eintauchens durch einen um den Hals festgeknoteten Faden und tropfe nun so viel Wasser hinein oder sauge so viel Wasser heraus, daß der Kolben genau bis zum Faden einsinkt. Gieße den Inhalt des Kolbens in ein Meßglas. Spüle nun den Kolben mit einer kleinen Menge einer andern Flüssigkeit aus. Gieße dann so viel von dieser Flüssigkeit in den Kolben, daß er in Wasser genau bis zur Fadenmarke einsinkt. Gieße die Flüssigkeit aus dem Kolben in das Meßglas und berechne ihre Dichte. — Schwimmt der Kolben nicht lotrecht, wenn eine leichte Flüssigkeit darin ist, so siegelt man an seinem Boden eine Bleischeibe fest. (R P 2, 58.)

## § 11. Senkwage (Aräometer).

**95.** Gewichtsenkwage. Verschließ ein kleines Prüfglas mit einem Kork, stecke eine Stopfnadel hindurch, hänge an deren Öhr einen dünnen Draht mit Glasperlen und außerdem noch einen zu einem Haken umgebogenen andern Draht, worauf sich Glasperlen leicht so aufschieben lassen, daß die Senkwage in eine Flüssigkeit bis zu einer oben angebrachten Marke (etwa bis zu einem übergestreiften Gummiring) eintaucht. (B Sch 53 Nr. 120.) Volkmann (V A 108) fordert mit Recht, daß die Gewichtsenkwage aus dem Unterricht verschwinden sollte.

**96.** Senkwage mit Teilung. a) Beschwere ein Prüfglas so mit Schrotkörnern, daß es aufrecht schwimmt. Stelle aus Millimeterpapier eine einfache Teilung her, setze an jeden zehnten Teilstrich, von unten anfangend, fortlaufende Zahlen, biege den Streifen etwas rinnenförmig ein, schiebe ihn in die Röhre und klemme ihn oben mit einem Kork fest, der zugleich das Glas verschließt. Senke die Vorrichtung der Reihe nach in hohe enge Standgläser mit Wasser, gesättigten Lösungen von Kochsalz oder Kuprisulfat, Weingeist, Petroläther u. dgl. (R 1, 139.) — Rebenstorff (R P 2, 58) fügt zu den Schrotkörnern etwas Paraffin und schmelzt es.

b) Erwärme den Boden einer Arzneiflasche (50 cm<sup>3</sup>) vorsichtig und siegle daran einen 1 cm breiten Streifen aus 1 bis 2 mm dickem Bleiblech, beschneide ihn, bis die ganze Vorrichtung das zum Schwimmen erforderliche Gewicht hat, und biege das Blei so, daß die Senkwage lotrecht schwimmt (Fig. 91b). Befestige eine

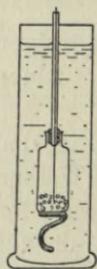


Fig. 91b.

dünnwandige Glasröhre mit einem dicht schließenden Kork im Flaschenhals und überzieh den Stopfen mit Siegelacklösung. Schiebe in die Röhre einen schmalen muldenförmigen Papierstreifen, der mit einer Teilung versehen ist. Laß nun die Senkwage in Wasser schwimmen und regle ihr Gewicht durch Verkürzen der Glasröhre oder durch Einschütten von feinem Schrot. Soll das Gerät für Flüssigkeiten benutzt werden, die etwas leichter als reines Wasser sind, so gleiche sein Gewicht so ab, daß beim Schwimmen nur  $\sim 1$  cm der Spindelröhre ins Wasser taucht. Verschiebe mit einem Drahte den Papierstreifen so, daß der Teilstrich Eins genau im Wasserspiegel liegt, wenn die Senkwage in reinem Wasser schwimmt (Wasserpunkt). Laß die Wage in sehr verdünntem Weingeist schwimmen, dessen Dichte anderweitig bestimmt worden ist, und lege so einen zweiten Punkt der Teilung fest. — Die Teilung kann man besser auf folgende Weise herstellen: Trockne die Senkwage gut und wäge sie genau. Schneide ein Stück Aluminium- oder Kupferdraht so zu, daß sein Gewicht, je nach der Weite der Spindelröhre (wovon die Empfindlichkeit des

Geräts abhängt),  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{19}$  oder  $\frac{1}{49}$  des Gewichts der Senkwage ist. Das Drahtstück muß so dick sein, daß es etwa so lang wie die ganze Wage wird. Bezeichne den untersten Punkt des Papierstreifens durch einen fest um die Spindelröhre gebundenen feinen Faden. Sinkt die Wage bis zu diesem Punkt ein, so verdrängt sie  $V$  cm<sup>3</sup>. Schiebe den Draht neben dem Papierstreifen in die Röhre und merke an, wie tief nun die Spindel ins Wasser eintaucht (zweiter Teilungspunkt). Wiegt die Senkwage ohne Draht  $F$  gr und mit ihm z. B.  $(F + \frac{1}{9} F)$  gr, so verdrängt sie  $(V + \frac{1}{9} V)$  cm<sup>3</sup>, wenn sie bis zum zweiten Teilungspunkt einsinkt. Ist im Standglas eine so leichte Flüssigkeit, daß die Senkwage ohne den Draht bis zu dem zweiten Punkte der Teilung eintaucht, so wiegen 10 Raumteile davon soviel wie 9 Raumteile Wasser. Der zweite Teilungspunkt liefert also die Eintauchtiefe für eine Flüssigkeit von der Dichte 0,9 gr/cm<sup>3</sup>. Halbiert man den Draht, so erhält man den Punkt für die Dichte 0,95 gr/cm<sup>3</sup>. Vollende die Teilung mit dem Zirkel, schiebe dann den Papierstreifen wieder richtig ein und schmelze die Röhre am Ende zu. — Einfacher ist es, einen Streifen Millimeterpapier zu verwenden und die Lage der beiden festen Punkte der Teilung aufzuschreiben. — Hat man mit Siegellack abgedichtet, so darf man die Wage nicht für alkoholische oder ätherische Flüssigkeiten verwenden. —

Bei Senkwagen für Flüssigkeiten, die etwas schwerer als reines Wasser sind, verlegt man den Wasserpunkt an das obere Ende der Spindel. Soll der zweite Teilungspunkt der Dichte 1,05 gr/cm<sup>3</sup> entsprechen, so gleiche die Länge des Drahts so ab, daß sein Gewicht gleich dem 20. Teil des Gewichts der abgetrockneten Senkwage ist, und nimm als Wasserpunkt die Stelle, bis zu der die Spindel nach dem Einschieben des Drahts einsinkt. Entferne den Draht und laß die Wage in Wasser schwimmen. Sie verdrängt jetzt 20 Teile, während sie vorher 21 Teile wegschob. Man erhält den Punkt für die Dichte 1,05 gr/cm<sup>3</sup>. Die Wage verdrängt auch 20 Teile, wenn sie mit eingeschobenem Draht auf einer Salzlösung von der Dichte 1,05 gr/cm<sup>3</sup> schwimmt. Statt Drähte einzuschieben, kann man auch Bleistreifen unten an die Wage hängen. Die Bleistücke müssen im Wasser ebensoviel wiegen wie die Drähte in der Luft. Will man die Senkwage um  $F$  gr\* schwerer machen, so muß man dem Bleistreifen das Gewicht  $\frac{\rho F}{(\rho-1)}$  gr\* geben, wo  $\rho$  die Dichte des Bleis ist. Bei einer Senkwage für Dichtebestimmungen von 1 bis 1,05 gr/cm<sup>3</sup> und bei einer 50 gr-Flasche muß die dünnwandige Glasröhre (Aräometerrohr) außen  $\sim 6$  mm weit sein. (R P 2, 59.) Über die Herstellung der Teilung vergleiche auch B Sch 51 Nr. 119.

## II. Bau der Flüssigkeiten und seine Eigenschaften.

### § 12. Innerer Bau der Flüssigkeiten.

**97. a)** Nimm etwas Wasser in den Mund und blase es kräftig durch die fast geschlossenen Lippen gegen ein Stück graue Pappe.

**b)** Blase mit einem Zerstäuber (vgl. § 34 Nr. 659) gefärbtes Wasser gegen weißes Papier.

**c)** Wiederhole den Versuch F 1, 159 § 93 Nr. 376.

**d)** Gieße eine kleine Menge Quecksilber auf einen reinen Porzellanteller. Zerdrücke es in kleine Kügelchen. Drücke diese mit einer reinen Glasscheibe platt. Nach dem Entfernen der Scheibe nehmen sie ihre frühere Gestalt wieder an.

**98. a)** Fülle ein Wasserglas mit Marmeln, ein anderes mit feinem Schrot und ein drittes mit Wasser. Bedecke jedes Glas mit einem umgekehrten Teller. Drücke mit der linken Hand den Teller fest gegen den Rand des Glases, fasse mit der rechten Hand das Glas und kehre es um. Stelle auf solche Weise die drei Gläser mit dem Boden nach oben auf die Teller. Hebe das Marmelglas empor. Die Kugeln breiten sich auf dem Teller aus. Lüfte das Schrotglas. Die Körner rollen auf den Teller. Hebe das Wasserglas empor. Das Wasser rinnt auf den Teller. (C E 27 Nr. 28.)

**b)** Fülle drei Gläser, das eine mit Sand, das andere mit Wasser und das dritte mit Sirup. Gieße das Wasser und den Sand auf je einen Teller. Das Wasser rinnt rasch auseinander; der Sand bildet einen Haufen und breitet sich erst beim Schütteln aus. Gieße beide Stoffe in ihre Gläser zurück. Das Wasser nimmt die Gestalt seines Gefäßes an, der Sand aber erst, wenn man ihn schüttelt oder das Glas aufstößt. Verfahre ebenso mit dem Sirup. (B S 100 Nr. 113. Vgl. F 1, 38 § 25.)

**99. a)** Setze auf drei Marmel, die auf einer glatten Unterlage liegen und einander berühren, einen vierten. Die Marmel rollen auseinander.

**b)** Halte die Bodenöffnung von Baileys Gefäß mit dem Finger zu, fülle das Glas mit feinem, trockenem Sand und nimm dann den Finger weg. Der Sand strömt wie Wasser aus. (B J 15 Nr. 8.)

**c)** Sanduhr. Zieh eine 0,7 cm weite Glasröhre zu einer 0,2 cm weiten Spitze aus und schneide ein 5 cm langes Stück ab. Setze es in einen Kork ein und verschließe damit eine Flasche, die mit trockenem, durch ein Sieb (20 Fäden auf das Zentimeter) geschüttetem Sande gefüllt ist. Stürze die Flasche um und befestige sie in geeigneter Weise. Miß mit einem Meßglas (vgl. F 1, 39 § 26) die in einer Minute ausfließende Sandmenge.

**d)** Wiederhole den Versuch mit einer Flasche, deren Boden abgesprengt ist. — (A 1, 139 Nr. 31. Sch Sp 1, 66 Nr. 75.)

**99\***. Gieß in eine Flasche abgekochtes Wasser. Fülle eine andere Flasche halb voll Wasser und schüttele sie kräftig. Bringe in beide Gefäße etwas ganz zerfasertes Filterpapier und rühre die Flüssigkeiten mit einem Stab um. Beobachte die Bewegungen der Fasern erst in den bewegten und später in den ruhigen Flüssigkeiten.

**100. a)** Mische sorgfältig 1000 cm<sup>3</sup> grobe und 1000 cm<sup>3</sup> feine Schrotkörner. Die Mischung füllt nicht 2000 cm<sup>3</sup> aus; ihr Raum ist um so kleiner, je verschiedener die Größe der benutzten Schrotkörner ist. (Z F 3, 92; 1886 nach Andersohn, Natur 35 Nr. 18.)

**b)** Fülle eine Flasche mit engem, langem Halse halb mit Mohnkörnern und halb mit Erbsen. Verschließe die Flasche mit einem Kork und kehre sie um. Beim Schütteln sickern die Mohnkörner in die Zwischenräume zwischen den Erbsen. Nach mehrmaligem Umkehren ist die Flasche nicht mehr ganz gefüllt. (B Sch 16 Nr. 20.)

**101.** Verschließe mit einem Kork das eine Ende einer 60 bis 80 cm langen und 1 cm weiten Glasröhre und fülle sie halb mit gefärbtem Wasser und halb mit starkem Weingeist, den du ganz langsam (tropfenweise) an der Innenwand der schräg gehaltenen Röhre hinabfließen läßt. Gieße die Röhre so voll, daß beim Verschließen mit einem Kork keine Luftblase zurückbleibt, und wische den an der Außenwand hinabgeflossenen Alkohol mit einem Tuch ab. Beide Flüssigkeiten bleiben fast vollkommen getrennt. Halte die Trennungsfäche in Augenhöhe und blicke gegen das Licht. Fasse die Röhre in der Mitte und drehe sie mehrmals um. Es entsteht eine große Blase, die beim Drehen durch die Flüssigkeit hindurchläuft und die etwas Alkoholdampf (bei Verwendung von lufthaltigem Wasser und bei schlechtem Verschuß auch etwas Luft) enthält. Weinhold (W V 29, W D 59) benutzt eine Flasche (100 bis 200 cm<sup>3</sup>) mit eingeschliffenem Glasstöpsel und empfiehlt solchen, die eine unsichere Hand haben, erst den Weingeist einzugießen, dann das mit Fuchsin gefärbte Wasser aus einem höher stehenden Gefäß mit einem 2 bis 3 mm weiten Heber einfließen zu lassen, der bis auf den Boden der Flasche reicht (vgl. § 19 Nr. 281). Rosenberg (R 1, 87) färbt das Wasser mit einer Spur Anilinblau und den Weingeist mit einer Spur Fuchsin, bezeichnet den obern Flüssigkeitspiegel durch einen Gummiring, der von einem Kautschukschlauch abgeschnitten worden ist, und läßt zugleich die Erwärmung beim Mischen feststellen. Weiler (W E 2) verwendet eine Kochflasche mit engem, langem Hals.

**102. a)** Fülle eine Flasche mit ziemlich engem Hals bis zum Rande mit Wasser und lege ein Stück Zucker hinein. Das Wasser läuft über.

**b)** Zerstoße ein gleich großes Stück Zucker recht fein. Schütte das Pulver langsam in das Gefäß. Der Wasserstand ändert sich kaum. Statt des Zuckers kann man auch Kochsalz nehmen. (Vgl. F 1, 119 § 59 Nr. 234 und 235 F 3, 154 Nr. 303).

c) Fülle ein kleines Meßglas bis zu einem bestimmten Teilstrich, etwa zur Hälfte, mit gefärbtem Wasser, laß vorsichtig kleine gleichgroße Marmel hineingleiten und beobachte das Steigen des Wassers.

d) Befestige an einem feinen Eisen- oder Kupferdraht einen Bergkristall oder dgl. und senke ihn vorsichtig in das Meßglas voll Wasser. — (R 1, 85.)

**103. a)** Fülle eine leere Sodawasserflasche mit ausgekochtem Wasser und verschließe sie. Öffne sie und zugleich eine andere mit Sodawasser gefüllte Flasche. Das Sodawasser braust auf, es steigen Gasperlen im Innern auf.

b) Verschließe die Flaschen. Das Perlen im Sodawasser nimmt ab.

c) Setze eine neue Flasche voll Sodawasser in warmes Wasser (F 1, 30) und fang alles Kohlendioxyd in einem Gefäß auf, das den zwei- bis dreifachen Inhalt hat. Entleere die Sodawasserflasche und bestimme ihren Inhalt. Vergleiche damit den Raum des entwichenen Gases. (Schwalbe, Unterrichtsbl. 2, 4; 1897.)

### § 13. Zusammenhalt (Kohäsion) der Teilchen.

**104. a)** Gieße etwas Wasser oder Öl auf eine Spiegelglasplatte und lege eine andere darauf. Verschiebe die obere auf der untern. Hebe die obere Platte empor. Die untere bleibt daran haften (FF 80).

b) Halte die eine Glasplatte auf eine Wasserfläche. Verschiebe sie längs dem Wasserspiegel. Hebe sie empor und halte dabei die Unterseite parallel der Wasserfläche. — Statt der Spiegelglasplatten kann man auch zwei Objektträger für mikroskopische Präparate benutzen.

**105.** Schneide aus Karton ein langes Rechteck, befestige an dem einen Ende eine Kreisscheibe und biege den Streifen zweimal rechtwinklig so um, daß das Ganze die Gestalt einer Kelle annimmt

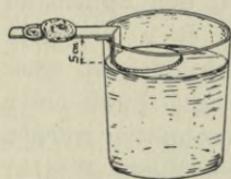


Fig. 92.

(Fig. 92). Verstärke den Hebel durch einen zweiten Kartonstreifen, den du auf den ersten mit Siegelack oder mit „Kaltolin“ aufkittest. Setze die Kelle auf den Rand eines leeren Glases und schiebe sie hin und her, bis das obere Rechteck der Kreisscheibe genau das Gleichgewicht hält und der leichteste Gegenstand, den du auf das Ende des Rechtecks außerhalb des Glases legst, den Hebel nach außen zu umkippt. Gieß in das Glas so viel Wasser, daß es die Kartonscheibe eben berührt. Lege auf das Ende des Rechtecks Münzen, bis die Kartonscheibe vom Wasserspiegel abgerissen wird. (T T 3, 33.)

**106. a)** Stelle aus weichem, dünnem Kupferdraht eine Doppelöse her und biege die eine Öse rechtwinklig um. Erwärme über einer Weingeistflamme eine Glasscheibe von 8 bis 10 cm im Geviert be-

hutsam so weit, daß Siegellack darauf schmilzt, und kitte die umgebogene Öse mit Siegellack auf die Mitte der Scheibe. Knüpfe an die andere Öse einen Faden, hänge damit die sorgfältig gereinigte Glasscheibe wagerecht an die Schale einer Krämerwage und stelle das Gleichgewicht her. Man kann auch die Glasplatte erwärmen, auf ihre Oberseite mit Siegellack drei Fäden kitten, diese 10 cm darüber zusammenknüpfen, daran einen vierten Faden binden und diesen an der Wagschale befestigen. Setze unter die Glasscheibe ein Gefäß und gieße so viel Wasser hinein, daß dessen Spiegel die Platte gerade berührt, ohne daß sich dazwischen Luftblasen bilden und die Oberseite benetzt wird. Lege Gewichte auf die andere Wagschale, bis die Scheibe abgerissen wird. Es bleibt immer eine Wasserschicht an dem Glas haften, man erhält also ein angenähertes Maß für den Zusammenhalt der Flüssigkeit. Statt Wasser kann man Weingeist nehmen. Schwalbe benutzte auch Terpentinöl. (Taylor, Phil. Trans; 1712.) Das Anhaften von Glas an Quecksilber nach dem gleichen Verfahren zu messen, ist nicht leicht.

b) Kitte auf die Mitte einer Glasplatte (20 bis 80 cm<sup>2</sup>) einen Stiel aus Siegellack, der etwa anderthalbmal so lang ist als der Plattendurchmesser. Setze oben in den Siegellack einen Drahhaken ein und befestige daran einen Faden. Hänge mit dem Faden die Platte an einem Gestell auf und stelle darunter ein Gefäß voll Wasser in solcher Höhe, daß die Platte die Wasserfläche einige Millimeter empor hebt. Richte nun gegen das untere Ende der Siegellackstange einen heißen Luft- oder Wasserstrom, bis der Siegellack eben nachgiebig wird. Das gehobene Wasser zieht dann die Platte in die richtige Stellung zum Stiel, falls dieser nicht gar zu weit seitlich von der Mitte befestigt ist. Gewöhnlich wird der Stiel bei diesem Ausrichten etwas länger; man muß also durch Anheben des Fadens oder durch Abhebern von Wasser dafür sorgen, daß die Platte etwas Wasser zu tragen hat. Hänge die gut gesäuberte Platte an die Wage und bestimme die Zugkraft, die eben nötig ist, um das Glas von dem Wasser abzureißen. (V A 111.)

**107.** Laß einen nicht zu schnell fließenden dünnen Wasserstrahl lotrecht auf eine kleine runde Schale oder auf eine wagerechte Scheibe fallen. Das Wasser wird wagerecht zurückgeworfen, doch nicht zerstäubt; es bildet eine zusammenhängende Haut. Quecksilber verhält sich ähnlich. (G. 10.)

**108.** Verschließe das eine Ende einer weiten Glasröhre, biege sie in der Mitte, zieh das andere Ende aus und streife ein Stück schwarzen Kautschukschlauch darüber (Fig. 93). Fülle die Röhre fast ganz mit Wasser, koche es, bis etwa ein Viertel verdampft ist. Klemme den Schlauch mit den Fingern zu und entferne die Flamme. Nimm nach einigen Sekunden die Finger weg,



Fig. 93.

da nun der Luftdruck die Kautschukröhre verschließt, und schmelze den engen Teil des Halses über der Flamme ab. Drehe die Röhre vorsichtig um. Die Flüssigkeit steht wie in der Figur, ihre Teilchen haften also zusammen. Klopfе kräftig auf den Tisch. Die Säule zerreißt und das Wasser stellt sich in beiden Schenkeln gleich hoch. (G 10.)

**108\***. Verschmelze zwei Glasröhren miteinander.

#### § 14. Zähigkeit.

**109.** a) Fülle Gläser mit Äther, Alkohol, Wasser, Milch, Quecksilber, Schwefelsäure, Benzin, Terpentinöl, Olivenöl, Rizinusöl, Vaselineöl, Glycerin, Balsam, Honig, Sirup, Lanolin u. dgl., kippe sie etwas und beobachte die entstehenden Schwingungen. Schüttle die Flüssigkeiten in ihren Flaschen.

b) Laß in den Flüssigkeiten Gasblasen aufsteigen.

c) Gieße die Flüssigkeiten aus den Gläsern und vergleiche ihr Verhalten beim Ausfließen.

**109\***. Verschließ eine längere Glasröhre von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  cm lichter Weite einseitig und fülle sie mit 2 oder 3 verschiedenen nicht mischbaren Flüssigkeiten, die verschiedene Zähigkeit besitzen. Sie (z. B. Wasser, Äther, Öl, Glycerin) ordnen sich entsprechend ihren Dichten. Laß oben einen luftefüllten Teil übrig. Laß nun eine schwere Kugel, (eine Stahl-Lagerkugel, wie sie für Fahrräder gebraucht werden) in die lotrecht gehaltene Röhre fallen. Sie ändert bei dem Eintreten in eine neue Flüssigkeit immer wieder ihre beschleunigte Bewegung und fällt durch Luft rascher, durch Öl oder Glycerin langsam, rascher wieder durch das unten lagernde Wasser. (F. Queisser, Z 21, 182; 1908.)

**110.** Fülle eins der Gefäße, die in F 1, 156, § 90 Nr. 365 beschrieben worden sind, halb voll Wasser und drei andere mit der gleichen Masse Walratöl, Rizinusöl und Sirup. Lege auf die Oberflächen der Flüssigkeiten Papierschnitzelreihen in der Richtung der Gläserhalbmesser. Drehe mit Unterstützung eines Gehilfen die untern Enden der Aufhängungsdrähte um gleiche Winkel und laß sie dann alle gleichzeitig los. Die Schwingungsweite nimmt bei dem mit Öl gefüllten Glase stärker ab als bei den Gläsern mit Sirup und Wasser. Beobachte, wie sich die Strahlreihen der Papierstückchen verschieben. (A. Gray-Auerbach, Lehrb. d. Physik 1, 377 Nr. 349.) Vgl. auch F 1, 135 § 70.

**111.** Zerschlage Pech oder Stiefelwischse. Lege ein Stück davon auf eine Glasplatte. Es zerfließt allmählich und bildet eine wagerechte Schicht.

**112.** Bringe Wasser und einige Korke in ein Glasgefäß von 20 bis 30 cm Durchmesser und etwa ebenso großer Höhe. Forme aus

Schusterpech eine 6 cm dicke Scheibe, deren Durchmesser etwas kleiner ist als der des Glasgefäßes. Lege die Scheibe auf die Korke. Diese werden gegen den Boden gedrückt, und das Wasser tritt über das Pech. Setze auf die Scheibe zwei oder drei Bleikugeln. Nach einem halben Jahr sind Korke und Kugeln im Pech verschwunden. Nach einem Jahr schwimmen die Korke oben auf dem Wasser, während die Kugeln auf dem Boden des Gefäßes liegen. Das Pech hingegen bildet eine lückenlos zusammenhängende Masse. (Lord Kelvin, Baltimore Lectures 9. A. Gray-Auerbach, a. a. O. 1, 379 Nr. 350.)

**113. a)** Gieße aus Pech eine Glocke und bringe sie durch Anschlagen mit einem Hammer zum Tönen. Setze die Pechglocke mit ihrem Rand auf eine Glasscheibe. Nach einigen Tagen bildet sie eine wagerechte Scheibe. (A. Gray-Auerbach, a. a. O. 1, 380 Nr. 351.)

**b)** Blase aus Schusterpech. Gieße vorsichtig geschmolzenes Pech (8 bis 10 mm dick) auf eine flache Schale aus glattem Papier. Entferne möglichst alle Unreinlichkeiten und Luftblasen. Drücke in das noch heiße Pech die weite Öffnung eines großen Glastrichters bis auf den Boden und laß die Masse vollständig erkalten. Entferne dann das Papier und das außerhalb des Trichters anhaftende Pech. Klemme in ein Gestell den Hals des Trichters, dessen Grundfläche nach unten gekehrt ist, und verbinde ihn durch einen Gummischlauch mit einem T-Rohr, und dieses mit einem Spannungsmesser und mit einem Gummi-Doppelball (etwa von einem Zerstäuber). Erzeuge nun einen Druck von 17 bis 18 cm Quecksilber und suche diesen Druck aufrecht zu erhalten. Die Pechplatte bildet eine Wölbung, die anfangs ziemlich gleichmäßig mit der Versuchsdauer stärker wird. Ist die Platte gleichmäßig dick und findet keine einseitige Erwärmung statt, so bildet sich allmählich eine brüchige Blase mit dünner, unten durchscheinender Wand. Bei der angegebenen Dicke der Pechschicht und 18° C genügt schon ein Druck von 4 bis 5 cm Quecksilber, um den Versuch in einer halben Stunde zu beenden. Ein leichter Schlag verrät die Sprödigkeit der Masse. Vergrößert man den Druck, so platzt die Blase mit Geräusch und zerfällt in Scherben. — N. Orlow, Natur in der Schule (russisch), H. 1, S. 51—53. Physik. Zeitschrift 8, 612; 1907. Z 21, 44; 1908.)

**114. a)** Schmelze einige Stücke Stangenschwefel in einem Prüfröhrchen und erhitze den geschmolzenen Schwefel allmählich so weit, daß du das Gläschen umdrehen kannst, ohne daß er ausfließt.

**b)** Befestige eine Siegellackstange, einen Stab aus Schusterpech oder eine Paraffinkerze mit einem Ende wagerecht und laß sie einige Wochen oder Monate in dieser Stellung.

**c)** Lege eine Siegellackstange und eine Talgkerze längere Zeit auf zwei schneidenartige Lager.

**115.** Fülle einen Trichter mit Rindertalg, Schweineschmalz, Vaseline u. dgl. und setze ihn in eine Flasche mit weitem Hals.

**116.** Schweben und Ablagern (Suspendieren und Sedimentieren).

a) Bringe in eine Prüfröhre, die mit Wasser, Weingeist oder Glycerin gefüllt worden ist, ein Goldblatt und schüttele.

b) Schütte in ein 35 cm hohes Standglas, das so breit ist, daß es sich mit der Hand oder mit einer Glasplatte (9 cm  $\times$  9 cm) gut verschließen läßt, groben Kies, Sand, Schlemmkreide, geriebenen Ton, Eisenfeilspäne und Schwefelblumen, alle ungefähr in gleichen Mengen, gieße Wasser darüber, rühre um und schüttele das Ganze nochmals stark durcheinander, so daß innige Mischung und Schweben eintritt. Schon nach kurzer Ruhe bildet sich der Bodensatz, zu unterst lagern sich die groben Kiesmassen nebst etwas hinabgerissem Sande, darauf die übrigen Stoffe, je nach der Verteilung, in ganz regelmäßigen Schichten. Nach einer Viertelstunde hat sich der Hauptvorgang vollzogen: Das Wasser hält nur noch einige sehr feine Körper in der Schwebelage; Schwefelblumen und Kreideteilchen schwimmen darauf. Die oberste Schicht der Ablagerung besteht aus Schwefel. Kurze Zeit nach dem Absetzen bildet sich Ferrihydroxyd, das darüber stehende Wasser wird eisenhaltig, es bildet sich ein ockriger Absatz und die einzelnen Schichten zeigen Färbungen, die von Ferrihydroxyd herrühren. Läßt man das Ganze sehr lange stehen, so bildet sich schwarzes Ferrosulfid.

c) Sand, Schlemmkreide, geriebener Ton und Kies geben Schichten, die dem natürlichen Boden entsprechen.

d) Stelle neben ein Standglas mit reinem Wasser, worin Kreide- oder Tonteilchen schweben, ein Standglas mit gleicher Füllung, der jedoch eine Lösung von Magnesiumsalzen (oder Alaun oder Staßfurter Salz) zugefügt ist. In dem zweiten Gefäß lagern sich die Sinkstoffe rascher ab. — (Schwalbe, Z 10, 228; 1897.)

e) Schütte in ein Glas voll Wasser etwas zerriebenen Ton und verteile ihn darin durch Umrühren und Schütteln. Laß das Wasser stehen, bis der darin schwebende Ton sich soweit abgesetzt hat, daß die Flüssigkeit ziemlich klar geworden ist. Stelle nun das Gefäß in den Sonnenschein und laß den Lichtkegel eines Leseglasses ins Wasser fallen. Die abgeklärte Flüssigkeit sieht in der Umgebung des Brennpunkts wie Milch aus. (R P 2, 47). Man kann den Versuch auch nach den Verfahren ausführen, die in F 3, 78 Nr. 145 und 304 Nr. 603 b beschrieben sind.

### § 15. Zusammendrückbarkeit des Wassers.

**117. a)** Schütte in ein Standglas feines Bleischrot und drücke einen Stab hinein. Das Bleischrot steigt empor. (M T 95.)

**b)** Fülle eine Flasche bis zum Rande voll Wasser, setze sie auf einen Teller und tauche einen Finger oder irgendeinen festen Körper hinein.

**118.** Stelle Baileys Gefäß auf einen Untersatz und fülle es gestrichen voll Wasser.

a) Drücke von der Unterseite her große Schrotkörner in alle Durchbohrungen des Kautschukstopfens hinein und verschließ ihn so. Versuche den Stopfen auf das Gefäß aufzusetzen.

b) Stoße die Schrotkörner aus den Durchbohrungen des Stopfens heraus und setze ihn nun in das Gefäß ein. — (B J 13 Nr. 2, 3.)

**119. a)** Verschließe das eine Ende einer starkwandigen Glasröhre mit einem guten Kork und stelle einen Pfropfen her, der dicht in das andere Ende hineinpaßt. Fülle die Röhre voll Wasser und setze den Pfropfen so ein, daß keine Luft zwischen ihm und dem Wasser zurückbleibt. Stelle die Röhre mit dem zugedickten Ende auf einen festen Tisch und versuche durch Stöße und Schläge den Raum des Wassers zu verkleinern. Vorsicht! (B S 113 Nr. 134.)

b) Passe in ein genau walzenförmiges Glasrohr von 1,5 cm Weite und 25 cm Länge zwei gute, weichgepreßte Korke so ein, daß sie das Rohr luftdicht abschließen. Drücke mit einem Holzstab den einen Kork bis zur Mitte und bringe Wasser zwischen ihn und den Schlußkork. Schiebe mit dem Stabe die abgegrenzte Wassersäule hin und her. Sie behält ihre Länge. (M T 95.)

**120.** Fülle eine Woulfesche Flasche oder eine Flasche mit einem doppelt durchbohrten Kork vollständig mit gefärbtem Wasser, setze in die eine Öffnung eine an beiden Enden offene dünne Glasröhre und in die andere einen ebenso dicken Glasstab. Drücke den Stab ins Wasser hinein. Es steigt in der Röhre empor. Man kann auch statt der geraden Glasröhre eine knieförmig gebogene einsetzen und diese mit einem Spannungsmesser verbinden. (Vgl. S. 19 § 5.)

**120\*.** Stelle aus Kochflasche und Thermometerrohr ein (nicht zu kleines) Preßgefäß her (Fig. 93a). Sprengte den Boden einer gewöhnlichen Glasflasche ab und setze in deren Hals mit Siegelack das weite Glasrohr B ein. Führe das mit Wasser gefüllte Preßgefäß P in A ein und siegle an A eine Glasplatte als Boden an. Laß im Rohr von P als Spannungszeiger einen ~ 2 cm langen Luftfaden M, worüber sich Wasser befindet, und fülle dann das ganze Gefäß A samt B und das oben auf B geschobene ~ 3 cm lange Schlauchstückchen K mit Wasser. Bringe durch vorsichtiges Erwärmen und Abkühlen den Luftfaden M an eine zur Beobachtung oder zum Bildwurf geeignete Stelle. Verschließe K oben mit dem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen R. Drücke nun mit zwei Fingern das Schlauchstück K zusammen, ohne daß R hinausgleitet, und presse so die kleine Luftmenge in K bis auf die Hälfte ihres Raums zusammen. Das Preßwasser steht fast unter zwei Atmosphären Druck, der Luftfaden M verkürzt sich meß-

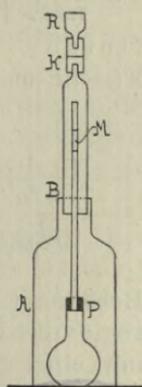


Fig. 93a.



bar und senkt sich merklich infolge der Raumverminderung des Wassers in P. Besonders wirksam ist das Einzwängen von K, wenn das Wasser bis an R heranreicht. Dehne nun den Schlauch K, ohne ihn einzuschnüren, oder sauge an einem statt K aufgeschobenen längern Schlauch und vermindere so den Druck. (J. Jung, Z 20, 312; 1907.)

## § 16. Oberflächenspannung.

### 1. Tropfenbildung.

**121.** a) Tauche einen Finger in Wasser und hebe ihn heraus. Es bleibt ein kleiner Tropfen daran hängen, b) Tauche eine Flasche mit dem Boden in Wasser und hebe sie heraus. Es bleibt ein großer Tropfen daran hängen. c) Tauche einen Draht in Wasser.

**122.** a) Tauche eine ausgezogene Röhre mit der Spitze in Wasser, verschließe das weitere Ende mit dem Daumen, hebe die Röhre lotrecht aus dem Wasser und lüfte den Daumen ein wenig. Es bildet sich ein Tropfen, der langsam bis zu einer bestimmten Größe wächst und dann plötzlich abfällt. Wiederhole den Versuch. Alle Tropfen haben jedesmal genau die gleiche Größe und Gestalt.

b) Zeige durch Bildwurf die Gestalt von Wassertropfen, die an einem lotrechten Rohr von 6 mm Durchmesser hängen. (M T 111. F 3, 151.)

**123.** Laß aus einem Heber, der mit einem Quetschhahn versehen ist, Wasser so auf einen runden Glaskolben fließen, daß sich in einer Sekunde zwei Tropfen bilden. Fange mit einem abgeglichenen Fläschchen 100 Tropfen auf und bestimme ihre Masse. Regle den Wasserzufluß so, daß in 10 Sekunden ein Tropfen fällt, fange 100 Tropfen auf und wäge sie. (G 11.)

**124.** Herstellung eines gleichmäßigen Wasserzuflusses. Stülpe in einem Wasserbehälter eine mit Wasser gefüllte Flasche um und hänge in den Behälter einen Heber (Fig. 94). Der

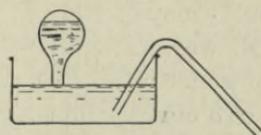


Fig. 94.

Wasserspiegel sinkt kaum merklich unter den Hals der Flasche, wenn dieser mit einem Einschnitt versehen ist. Einen noch festern Wasserstand erhält man folgendermaßen: Laß andauernd Wassertropfen, deren Masse größer als die von dem Heber abgesaugte ist, in einen

Behälter voll Wasser fallen, so daß dieses beständig überläuft, und regle das Überlaufen durch ein quadratisches Stück Leinwand, das mit einer Ecke über dem Rande des Behälters hängt und wie ein Heber von veränderlichem Fassungsvermögen wirkt. (G 12. Vgl. Nr. 326.)

**125.** Befestige der Größe nach übereinander drei runde Glaskolben und lege auf jeden eine kleine Musselinkappe (Fig. 95). Laß aus einer Röhre Wasser auf den obern Kolben rinnen. Von diesem fallen Tropfen auf den nächst untern, von dem auf den dritten

und von da in einen untergestellten Behälter. In derselben Zeit tropft von jedem Kolben die gleiche Wassermasse, höchstens infolge der Verdunstung von den untern Kolben etwas weniger. Die Tropfen folgen an den untern Kolben viel schneller aufeinander als an den obern. Die größten Tropfen fallen von der flachsten Glaswand ab. (G 11.)

**126.** Zieh eine Glasröhre in der Mitte aus, ritze den Hals mit einer dreikantigen Feile ein und brich ihn durch. (F 1, 18, § 8, 9.) Man erhält so zwei Röhren, deren Spitzen gleiche Öffnungen haben. Saug die eine Röhre voll Wasser und die andere voll Weingeist, verschließe beide oben mit je einem Daumen, laß vor einem weißen Schirm oder vor einem Licht aus den beiden lotrecht gehaltenen Röhren gleichzeitig Tropfen austreten und vergleiche im Augenblick des Abreißens ihre Gestalt und Größe. Die Weingeisttropfen sind nicht so groß als die Wassertropfen.

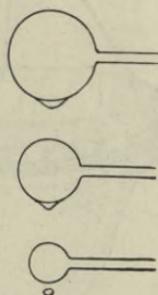


Fig. 95.

**127.** Zieh eine Glasröhre aus, streife über ihr weites Ende einen ~ 6 cm langen Gummischlauch und verschließe das andere Schlauchende mit einem Stückchen Glasstab, einer zugeschmolzenen Glasröhre oder einem Schrotkorn (Fig. 96). Stelle mehrere Röhrchen für Wasser, Rizinusöl, Weingeist und Quecksilber her. Es empfiehlt sich, die Tropfröhrchen dauernd in die Verschlußkorke kleiner Fläschchen einzusetzen, die mit diesen Stoffen gefüllt sind.



**a)** Drücke den Schlauch zusammen, tauche das Röhrchen in die Flüssigkeit und höre auf zu drücken. Es wird eine kleine Menge Flüssigkeit in das Röhrchen gesaugt. Nimm es aus dem Fläschchen und laß durch schwaches Drücken auf den Gummischlauch die Flüssigkeit tropfenweise ausfließen. Fange die Tropfen mit dem untergesetzten Fläschchen oder mit einer Porzellanschale auf.

**b)** Erzeuge mit Tropfröhrchen eine Anzahl Wassertropfen und Öltropfen und bestimme ihre Massen oder zähle mit ganz engen Meßgefäßen (vgl. F 1, 39 § 26) die Anzahl Tropfen, die auf ein Kubikzentimeter gehen. (R 1, 76.)

**c)** Stelle eine einfache Tropfvorrichtung folgendermaßen her: Schiebe in einen kurzen Kautschukschlauch ein Stückchen Glasstab, das an beiden Ecken rund geschmolzen worden ist und so eine eiförmige Gestalt erhalten hat. Streife das eine Schlauchende über das Ende einer Pipette (Glasröhre) und das andere Ende über eine kurze ausgezogene Ausflußröhre. Füllt man die Saugröhre mit einer Flüssigkeit, so fließt diese nicht aus; drückt man aber an der Stelle, wo das Glasstäbchen sitzt, auf die Wand des Schlauchs, so tropft die Flüssigkeit heraus.

**128.** Spanne eine sehr feine Kautschukhaut (die so dünn ist wie die zur Herstellung von Luftballons für Kinder benutzte Haut vor dem Aufblasen) über einen Ring aus Holz (oder Metall) von 48 cm

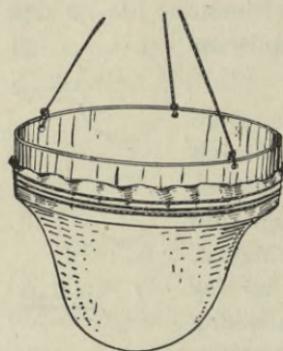


Fig. 97.

Durchmesser, den man aus einer Käseschachtel hergestellt oder aus einem gut gemachten Faß herausgesägt hat, und befestige die Haut mit fünf oder mehr Windungen aus Draht oder Bindfaden gut auf dem ausgekehrten Rande. (Mit einem kleinern Ringe gelingt der Versuch nicht.) Hänge den Ring an ein Photographengestell und laß aus einem Schlauch Wasser auf die Haut strömen. Sie dehnt sich aus und bildet einen Sack wie ein Wassertropfen (Fig. 97). Hebere mit einem Schlauch das Wasser ab. Die Haut zieht sich

wieder zusammen. Stelle ein großes Gefäß unter, das das Wasser auffängt, falls die Haut zerreißen sollte. (W. Thomson. Sl. 146. B S B 15, 135.)

**129. a)** Laß eine kleine Wassermasse, etwa eine Nußschale voll Wasser, auf den Tisch fallen. Sie zerschellt.

**b)** Bringe die gleiche Wassermasse behutsam auf eine Paraffinscheibe, die mit Bärlappsamen bestreut worden ist. Das Wasser bildet eine flache Scheibe.

**c)** Falte aus Zeitungspapier einen geschlossenen viereckigen Kasten (250 cm<sup>3</sup>) und fülle ihn mit Wasser. Wirf diesen Kasten fort. Er zerplatzt erst, wenn er auf einen Gegenstand trifft. Einen größern mit Wasser gefüllten Papierkasten kann man höchstens fallen lassen, aber nicht mehr fortschleudern. (B S B 42.)

**d)** Schütte Quecksilber auf einen Teller. Eine größere Masse bildet eine flache Scheibe. Kleinere Tröpfchen haben Kugelgestalt.

**e)** Bringe Bärlappsamen oder gepulvertes Geigenharz in ein weithalsiges Gläschen, binde es mit Müllergaze zu und stelle so eine Streubüchse her. Bestäube ein Brett dick mit Bärlappsamen oder gepulvertem Geigenharz und spritze mit einem Zerstäuber Wasser darauf. Es bildet kleine Tröpfchen, die Kugelgestalt haben. Spritze Wasser auf Ölpapier, paraffiniertes Papier, eine mit Öl bestrichene Glasplatte, einen Gänseflügel, einen Sammet- oder Wollappen. Neige die Gegenstände etwas dabei. Bringe Äthertropfen auf Wasser. Vgl. F 3, 154, 304.

**f)** Die russische Rutschbahn. Klebe aus etwas starkem Papier einen möglichst langen Streifen zusammen. Beruße eine Seite über der blakenden Flamme einer Lampe oder bestreiche sie mit Graphit. Stelle auf dem Tisch einige Bücher von abnehmender Größe mit dem Rücken nach oben auf und stecke den Papierstreifen darauf fest, doch Sorge dafür, daß die Täler von dem größten nach dem

kleinsten Buch zu immer tiefer liegen (Fig. 98). Laß beim kleinsten Buch den Streifen in einem Teller enden. Gieße über dem Rücken des größten Buchs tropfenweise Wasser auf das Papier. Die Tropfen rollen die schiefe Ebene hinab, steigen auf den Rücken des zweiten Buchs hinauf usw., bis sie im Teller anlangen. (T T 2, 79.)

**129\*.** a) Verbinde ein gerade abgeschnittenes, nicht zu enges (Durchmesser im Lichten 4 bis 6 mm) Hahnrohr durch einen kurzen Gummischlauch mit einem kleinen Trichter und fülle etwas Wasser hinein (Fig. 98a).

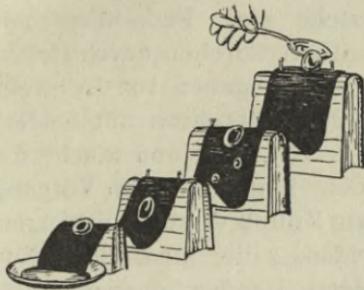


Fig. 98.

Befestige die Vorrichtung mit einem Halter lotrecht so vor einer Beleuchtungslinse (F 3, 155, 312), daß das untere Röhrende etwas oberhalb der Linsenmitte steht. Laß ein wenig Wasser abfließen, um die Luft zu verdrängen, und schließe den Hahn. Stelle eine kleine Schale darunter und öffne den Hahn

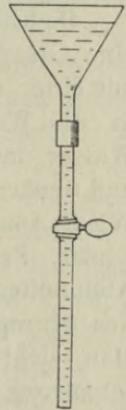


Fig. 98a.

nur ganz wenig, so daß man die eigenartigen Gestalten des langsam wachsenden Tropfens im Wurfbilde genau verfolgen kann.

b) Fülle den Trichter mit Olivenöl, das mit Alkanna rot gefärbt worden ist, und tauche das untere Ende des Hahnrohrs in einen Bildwurftrug (F 3, 153, 302), der mit einem nur wenig leichtern Gemisch aus Weingeist und Wasser gefüllt ist (vgl. Nr. 130). In dieser Flüssigkeit sinken die Tropfen langsam zu Boden. Ist die Dichte nur sehr wenig geringer als jene des Olivenöls, so erhält man kugelförmige Tropfen (bis zu 2 cm Durchmesser), die sich flaschenförmig verlängern, dann abschnüren und als eine große Kugel, gefolgt von einer oder zwei kleinern Kugeln, zu Boden schweben. — (R 2, 65. Hassack-Rosenberg, Projektionsapparate 255.) F. C. Müller (M T 111) gibt der Vorrichtung die in Fig. 98b abgebildete Gestalt, und verwendet ein 6 mm weites Rohr und mit Alkanna rot gefärbtes Rüböl.

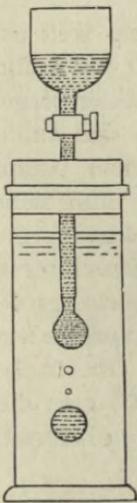


Fig. 98b.

c) Fülle einen hohen Bildwurftrug mit Weingeist, der so stark verdünnt ist, daß Paraffinöl nur langsam darin untersinkt. Laß in diese Flüssigkeit aus einem hineingetauchten Trichter, dessen Rohr  $\sim 8$  mm weit ist, Paraffinöl laufen. Wie hoch am besten das Öl in dem Trichter über der Flüssigkeit außerhalb des Trichters steht, muß man ausprobieren. Hat man die Versuchsbedingungen gut gewählt, so schnürt sich ein großer Tropfen nach dem andern ab und schwingt einige Male, bald sich verlängernd, bald sich abplattend, bis

erendgültig Kugelgestalt annimmt. Das Abschnüren geschieht spätestens, sobald die Flüssigkeitssäule eine Länge hat, die gleich ihrem Umfang ist. Bei Erschütterungen tritt das Abschnüren früher ein. Zwischen je zwei großen Tropfen bildet sich ein kleiner. Mit Rüböl erhält man noch größere Tropfen, kann aber bei diesem zähen Öl die Schwingungen nicht so gut beobachten. (V A 116.)

d) Kitte ein kurzes Haarröhrchen von geeigneter Weite in eine Glasröhre ein. Verbinde diese durch einen Gummischlauch mit einer andern kurzen Glasröhre und setze diese mit einem Kork in die Wandöffnung einer größern Flasche ein. Fülle diese mit Wasser und regle seinen Abfluß aus dem Haarröhrchen durch Heben und Senken der Flasche. Umwickle (nach den Angaben von Lenard, Wied. Ann. 30, 209, 1887) das Ende des Haarröhrchens mit Seidenpapier. Fülle Öl in einen Bildwurftrug (F 3, 153, 302) und tauche die Abflußöffnung unter die Oberfläche des Öls. Man kann den Vorgang des Abtropfens bei hinreichend langsamem Zufluß deutlich verfolgen. Man sieht das Hervorquellen des Tropfens, die allmähliche Einschnürung, die Bildung des fadenförmigen Bandes, das der Loslösung unmittelbar vorhergeht, und dann die Zusammenziehung des Bandes zu kleinen Zwischentropfen. Eine sichtbare wiederkehrende Gestaltänderung des Tropfens nach dem Loslösen tritt hier nicht ein. (W. König, Z 7, 83; 1893.) A. a. O. findet man auch Anweisungen, wie man durch kurzdauernde Beleuchtung einer bestimmten Entwicklungsform den Vorgang der Tropfenbildung in Luft sichtbar macht.

e) Fülle ein Becherglas, das  $\sim 23$  cm hoch und 11 cm weit ist,  $\sim 18$  cm hoch mit übergedampftem Wasser und füge dann  $80 \text{ cm}^3$  Anilin hinzu. Erwärme nun das Glas, bis das Anilin auf dem Wasserspiegel schwimmt. Beim Ausbreiten auf der Oberfläche kühlt sich das Anilin ab und wird dabei schwerer als das Wasser. Von dem Anilin an der Oberfläche löst sich ein großer Tropfen von 2,5 und mehr Zentimeter Durchmesser ab. Er bildet sich so langsam, daß man seine Gestaltänderungen, das Ausziehen des Halses und dessen Einschnüren an zwei Stellen bequem beobachten kann. Der losgelöste große Tropfen fällt auf den Boden des Bechers, dort wird er von neuem erwärmt und wieder leichter als Wasser, so daß er zur Oberfläche emporsteigt, wo sich dann ein neuer Tropfen bildet. Hält man die Warmheit auf  $\sim 80^\circ$ , so wiederholt sich die Tropfenbildung andauernd. (Chas. R. Darling, Nature 83, 37; 1910. Z 23, 293; 1910.)

**130.** Plateaus Versuche. a\*) Fülle einen recht dünnwandigen Gummiball mit Wasser. Liegt er auf dem Tisch oder hängt er frei am Ansatzrohr (vgl. S. 12 Nr. 17a), so verliert er die Kugelgestalt. Hänge ihn in ein Glas voll Wasser. Er nimmt Kugelgestalt an. (R 2, 69.)

a) Schütte in eine reine Flasche ungefähr einen Eßlöffel voll Olivenöl und gieße eine Mischung von 9 Raumteilen Weingeist und 7 Raumteilen Wasser darauf. Rühre um und laß das Ganze einen Tag stehen, damit sich das Öl von selbst absetzt. Fülle ein Glas mit der gleichen Mischung von Weingeist und Wasser und füge mit einer dünnen Glasröhre, die du etwa bis zur Mitte eintauchst, langsam ein klein wenig Wasser hinzu. Dies macht die Flüssigkeit darunter etwas schwerer. Tauche in das Öl eine Saugröhre, schließe deren obere Öffnung mit dem Finger, nimm so ein wenig Öl heraus und tropfe es behutsam ins Glas. Sinkt das Öl zu Boden, so muß man mehr Wasser in die untere Hälfte des Glases einfließen lassen; sinkt es aber überhaupt nicht, so muß man der obern Hälfte etwas Weingeist zusetzen. Schließlich schwimmt das Öl gerade in der Mitte der Mischung. Man kann dann langsam mehr Öl zusetzen, nur muß man darauf achten, daß es nicht mit der Glaswand in Berührung kommt. Ist die Flüssigkeit unten ganz wenig schwerer und die Flüssigkeit oben ganz wenig leichter als Öl, so ist ein Öltropfen von der Weite eines Markstücks fast vollkommen rund. Er erscheint jedoch, durch die Glaswand betrachtet, abgeplattet, da ihn Glas und Flüssigkeit in der Querrichtung, nicht aber in der Längsrichtung vergrößern. Man weist dies nach, indem man in der Flüssigkeit eine Münze gerade über den Tropfen hält. Will man die Kugel in ihrer wahren Gestalt sehen, so muß man eine Glaskugel oder ein Gefäß mit ebenen Glasflächen benutzen. Gib der Kugel einen Stoß. Sie nimmt in langsamen Schwingungen ihre frühere Gestalt wieder an. Vgl. F 3, 154, 305.

b) Befestige an einem Draht senkrecht zu seiner Längsrichtung eine Scheibe von  $\sim 0,5$  cm Durchmesser. Benetze den untern Teil des Drahts und die Scheibe mit Öl und führe sie in die Ölkugel ein. Drehe den Draht ohne jeden Ruck. Der Tropfen dreht sich mit und plattet sich ab. Drehe plötzlich schneller. Ein Ring löst sich ab und zerfällt in kleine Kugeln. Höre, falls er es nicht tut, plötzlich auf zu drehen; der Ring kehrt zurück (Plateau, *Statique des liquides soumis aux seules forces moléculaires*; Gaudet, Paris, 1873. B S B 46, 141.) Vgl. F 1, 170 § 102 Nr. 408.

c) Weinhold (W V 15) benutzt Baumöl, Donath (D 118) empfiehlt Knochenöl. Weinhold färbt das Öl mit einigen Stückchen Alkannawurzel rot, während ihm Rosenberg (R 1, 138) mit Cuprioxyd eine grüne Farbe gibt. (Vgl. F 1, 31, § 16.) Das gefärbte Öl filtert man vor dem Versuch durch eine Filterpapierdüte mit feiner Öffnung an der Spitze. W. Biegou von Czudnochowski (Z 19, 103; 1906) verwendet Vaselineöl ( $20 \text{ cm}^3$ ) und verreibt es gut mit feinem Kohlenpulver ( $4 \text{ cm}^3$ ) und Vaseline (bis  $10 \text{ cm}^3$ ). Bilden sich mehrere Tröpfchen, so vereinigt man sie zu einer einzigen Kugel mit einem Glasstab, der mit Öl befeuchtet ist, oder mit einem rauhen Eisendraht, womit man die Grenzhaul durchsticht.

d) Trenne nach dem Versuch das Gemisch aus Weingeist und Wasser von dem Öl durch Filtern durch ein mit Wasser angefeuchtetes Filter und bewahre die Mischung in einer besondern Flasche auf. Bringe bei spätem Gebrauch zuerst etwas Wasser in das Glas, dann eine Schicht des Gemisches und rühre um. Fülle nun das Gefäß ganz mit der Mischung und füge zu der obersten Schicht etwas starken Weingeist hinzu. Die untere Schicht ist dann etwas zu dicht und die obere etwas zu dünn. Doch hüte man sich, darin zu weit zu gehen, sonst wird die Ölkugel merklich abgeplattet. (R 1, 138.)

**131.** Gieße in ein Becherglas Weingeist ( $0,825 \text{ gr/cm}^3$ ) und stelle dann mit einer Saugröhre eine niedrige Schicht Wasser auf dem Boden des Gefäßes her. Schütte Steinöl ( $0,830 \text{ gr/cm}^3$ ) in den Weingeist. Hundert kleine Kügelchen sinken nach unten, erreichen aber nicht den Boden, sondern bleiben etwas oberhalb der Grenzschicht von Wasser und Weingeist stehen und steigen dann langsam nach oben. Sie vereinigen sich dabei zu immer größern Kugeln, und bald ist eine größte Kugel entstanden, die geraume Zeit in der Flüssigkeit frei schwebt. (F. Melde, Z F 3, 201; 1886.)

**132. a)** Gieße eine Lösung von Zinksulfat, deren Dichte größer ist als die des Kohlenstoffdisulfids, in eine Flasche und füge dann Kohlenstoffdisulfid hinzu, das mit ein wenig Jod gefärbt worden ist. Der Schwefelkohlenstoff lagert sich in einer Schicht über die Lösung. Gieße nun eine Zinksulfatlösung von der Dichte des Kohlenstoffdisulfids darauf und füge Wasser hinzu. Das Kohlenstoffdisulfid nimmt die Gestalt einer Kugel an. (Sl 207.) Vgl. auch F 3, 155, 306.

**b)** Eine Mischung von Benzol und Bromäthylen, durch Jod besser sichtbar gemacht, nimmt in einer entsprechenden Lösung von Kochsalz in Wasser Kugelform an. (Chwolson, Lehrb. d. Physik 1, 574).

**133.** Benutzt man, wie bei den Versuchen mit Seifenhäutchen, Drahtgestelle und Metallscheiben, so kann man dem Öltropfen die Gestalt einer Linse, einer Walze, einer Walze mit Kugelhauben, eines Katenoids, eines Unduloids usw. geben, doch gelingen die Versuche nur bei großer Vorsicht. (Plateau a. a. O. Violle, Lehrb. d. Physik, Mechanik 2, 592.)

**134. a)** Schichte, wie in Versuch Nr. 130, auf blau gefärbtes Wasser eine Lösung von Paraffin in Kohlenstoffdisulfid. Tauche in das Wasser eine 1,2 bis 2,5 cm weite Glasröhre, ohne die obere Öffnung zu verschließen. Die Röhre füllt sich größtenteils mit der Lösung. Schließe die Röhre für einen Augenblick und hebe sie empor, bis ihr unteres Ende vollständig aus dem Wasser heraus ist. Laß langsam Luft in die Röhre eintreten und hebe sie vorsichtig weiter empor. Es bilden sich Wasserblasen, die mit Paraffin gefüllt sind. Schleudere sie durch einen leichten Ruck von der Röhre ab. Wenn

eine Reihe Wassertropfen in dem Paraffin innerhalb der Röhre herumswimmen, so enthalten die entstandenen Blasen eine Anzahl solcher Tropfen oder andere Blasen (Fig. 99). Laß ganz wenig Kohlenstoffdisulfid an der Außenseite der Röhre hinabfließen. Es bildet eine schwerere Schicht, auf der diese zusammengesetzten Blasen schwimmen.

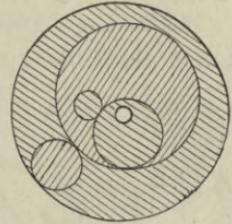


Fig. 99.

b) Tauche die Röhre in das Wasser und ziehe sie schnell heraus, ohne sie zu verschließen. Die entstehenden walzenförmigen Wasserblasen zerfallen in Kugeln. (B S B 81, 153. Vgl. Nr. 324.)

## 2. Durch Oberflächenspannung erklärable Versuche.

**135.** Laß Wassertropfen aus beträchtlicher Höhe auf Wasser fallen. Sie prallen zurück. Rohe Beobachtung. Vgl. dazu A. M. Worthington, *The Splash of a Drop*, London, 1895.

**136. a)** Tauche einen trocknen Haarpinsel in ein Glas Wasser. Die Haare kleben nicht zusammen. Nimm den Pinsel aus dem Wasser. Die Haare kleben zusammen und bilden eine Spitze. (B S B 12.)

b) Setze hinter die Beleuchtungslinse des Sonnenspiegels einen mit Wasser gefüllten kleinen Bildwurfrog (F 3, 153, 302 u. S. 388) und stelle sein Bild mit der Wurlinse auf dem Schirm scharf ein. Halte neben den Trog einen trocknen Malerpinsel und weise auf sein struppiges Bild hin. Tauche den Pinsel in das Wasser des Troges. Sein Aussehen bleibt unverändert. Zieh nun den Pinsel aus dem Wasser. Der Pinsel wird spitz. (R 2, 66.)

**137.** Halte einen Stab aus Holz oder Glas in eine enghalsige Flasche und gieß Wasser aus einem Glas auf den anfangs lotrecht, dann schräg gehaltenen Stab. Das Wasser rinnt an dem nassen Stabe hinab, da seine federnde Haut eine Art Schlauch bildet. (B S B 23.)

**138.** Schneide aus dünnem glanzlosen Papier (Seidenpapier od. dgl.) ein 17 cm langes und 3 cm breites Rechteck. Bricht auf allen vier Seiten einen 1 cm breiten Rand, so daß in der Mitte ein 15 cm langes und 1 cm breites Rechteck übrig bleibt. Mach in den vier Quadraten, die beim Umfalten entstanden sind, einen Kniff längs einer Eckenlinie, biege die 1 cm hohen Ränder nach oben um und mache die langen Seiten des so erhaltenen kleinen Kastens ganz eben (Fig. 100). Stelle die Vorrichtung auf den Tisch, befeuchte mit einem Pinsel die Innenseiten tüchtig und gieß eine 4 bis 5 mm hohe Schicht Wasser

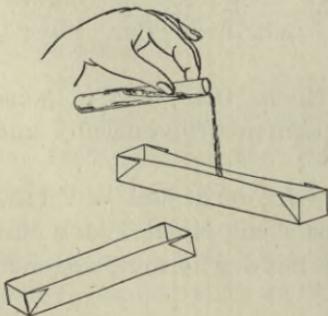


Fig. 100.

in den Kasten. Die gegenüberliegenden Längswände nähern sich und der kleine Kasten schließt sich von selbst. (Van der Mensbrugghe, L N 16, 135; 1888.)

**139.** Lege zwei Bleistifte, wovon der eine leichter und nicht dicker als 3 bis 4 mm ist, so aneinander, daß sie sich längs einer wagerechten Geraden berühren. Bringe in den Raum neben dieser Geraden einige Tropfen reines Wasser und benetze so gut alle Teile, die neben der Berührungslinie liegen. Es bildet sich ein kleiner an beiden Bleistiften anhaftender Flüssigkeitskörper mit hohler, freier Oberfläche, dessen Querschnitt die Figur 101 bei A und B darstellt. Der

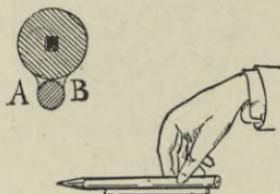


Fig. 101.

leichte Bleistift bleibt an dem andern hangen. Sind die Bleistifte 12 cm lang, so darf der hangende Bleistift 1,8 gr\* schwer sein. (Van der Mensbrugghe, L N 16, 135; 1888.) Vgl. F 3, 155, 307.

**140.** Stecke zwei dünnwandige Glasröhren ineinander und tauche sie in Wasser. Sie haften aneinander.

**141.** Einigkeit macht stark. a) Setze einen Kork aufrecht auf den Tisch und um ihn herum sechs andere, fasse die so aufgestellten Stopfen alle mit der Hand, tauche sie in Wasser, hebe sie ein wenig aus dem Wasser heraus und überlaß sie dann sich selbst (Fig. 102). Sie schwimmen mit lotrecht stehenden Längsachsen dicht nebeneinander. b) Setze nur einen Kork auf die Wasseroberfläche. Er schwimmt mit wagerecht liegender Längsachse. (T T 1, 129.)

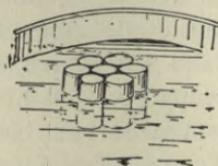


Fig. 102.

**142.** a) Fülle ein tiefes Gefäß mit Quecksilber, bestreue dessen Spiegel mit einem Pulver (feinem Sande) und tauche einen dicken Glasstab lotrecht in die Flüssigkeit. Das Pulver wird ganz in die von dem Stab erzeugte Vertiefung hineingezogen, als ob das Quecksilber eine Haut hätte, die bei dem Eintauchen des Stabes nicht zerreißt. (Pasteur, Revue des cours scientifiques; 1864). b) Bestreue Wasser mit Bärlappsamen und tauche einen eingefetteten Glasstab oder ein Stearinlicht hinein. (Violle, Lehrbuch der Physik, Mechanik 2, 587.)

**143.** Streue auf den Wasserspiegel in einem Glas oder in einer Schale eine nicht zu dünne Schicht Bärlappsamen (Hexenmehl) und stelle damit folgende Versuche an:

a) Tauche einen Finger ins Wasser. Er wird nicht naß (W V 142).

b) Senke mit einem gebogenen Draht oder mit einem Faden eine Münze ins Wasser. Sie bleibt trocken. Tupfe mit der herausgezogenen Münze auf graues Packpapier.

c) Tropfe reines Wasser auf das Wasser im Gefäß. Die Tropfen bilden Kugeln, die das Wasser im Glas nicht berühren. Rolle sie

darauf umher und stoße sie gegeneinander. Sie fließen nicht zusammen und sinken nicht unter.

d) Lege auf den Wasserspiegel Drahtstücke, Stahlfedern. Sie schwimmen darauf wie auf Quecksilber. — (Sl 158.)

**144.** Wirf einen Ring in eine Schale mit ganz heißem Wasser und bestreue die Oberfläche dick mit Bärlappsamen. Man kann den Ring herausholen, ohne die Hand zu verbrennen. (T T 1, 121.)

**145.** Rolle ein Blatt weißes Papier zu einer Walze zusammen und tauche es in ein großes weithalsiges Tintenfaß. Das beschmutzte Papier beweist, daß das Gefäß voll schwarzer Tinte war. Lege die Rolle auf einen Teller. Streue nun auf die Oberfläche der Tinte feingepulvertes Geigenharz und tauche ein anderes zu einer Walze zusammengerolltes Blatt weißes Papier ins Tintenfaß. Das herausgenommene Papier ist weiß. (T T 3, 31.)

**145\*.** Feste Häute auf Flüssigkeiten. Fülle einen Kolben oder eine Arzneiflasche voll Wasser, setze Methylviolett oder Fuchsin ( $\frac{1}{500}$  der Wassermasse) hinzu, laß das halbverschlossene Gefäß einige Tage bei gelinder Wärme stehen und filtere die farbige Lösung in eine reine Flasche.

a) Gieß etwas davon in ein flaches Schälchen (Untertasse). Faß den Behälter am Rand an und drehe ihn um seine lotrechte Achse im Kreis herum. Die Mitte der Flüssigkeitsoberfläche wird sofort mit herumgedreht.

b) Laß die Lösung einige Zeit stehen, zerteile mit einem Stäbchen die Oberflächenschicht in Schollen und verschiebe diese gegeneinander.

c) Laß die Lösung längere Zeit stehen, lege auf die entstandene feste Haut ein Deckgläschen und belaste es mit einem Grammstück.

d) Führe den Versuch (a) aus: mit einer Schale reinem Wasser, mit einer Tasse Tee, mit einer Tasse schwarzem Kaffee und mit einer Tasse Kaffee, dem Milch zugesetzt worden ist. — (R P 2, 51.)

**146.** a) Streue, oder noch besser, stäube auf einen Wasserspiegel fein zerteilte oder gepulverte Stoffe: wie Sand, Schwefelblumen, Eisenpulver (Limatura ferri alcoholisata), Schlemmkreide, Borsäure, Talk, Siliciumdioxyd.

b) Bringe auf der Oberfläche des Wassers in einer größern Schüssel ein Goldblatt zum Schwimmen. Vgl. F 1, 127 § 64 Nr. 269.

**147.** Schwimmende Nadeln. a) Tauche eine Nadel mit der Spitze in Wasser und laß sie los. Sie versinkt. Man kann jedoch eine ganz trockene Nadel (nicht nur feine Nähadeln, sondern auch Stecknadeln, große Nähadeln und selbst Stopfnadeln) auf dem Wasserspiegel zum Schwimmen bringen. Es gibt dafür verschiedene Verfahren.

b) Wische eine Nähadel trocken ab und lege sie vorsichtig, ohne sie einzutauchen und ohne das Wasser zu erschüttern, auf die

ruhige Oberfläche. Der Versuch gelingt leichter, wenn man die Nadel zuvor einfettet; es genügt schon, sie zwischen den Fingerspitzen hindurchzuziehen.

e) Hänge die Nadel in zwei Schlingen aus Nähgarn auf und ziehe diese vorsichtig weg, sobald die Nadel schwimmt. Sorge dafür, daß beim Herausziehen die Fäden nicht die Nadel berühren.

d) Halte die Nadel an der Spitze und lege sie aufs Wasser, doch laß sie erst los, wenn sie ihr Spiegelbild berührt. Dieses Verfahren erfordert eine sichere Hand.

e) Lege die Nadel wagerecht auf die Zinken einer Eßgabel oder auf eine aus Kupferdraht oder aus einer Haarnadel gebogene kleine Gabel, senke diese langsam ins Wasser und bewege beim Herausnehmen die Zinken abwärts. Sorge dafür, daß die Nadel den Wasserspiegel wagerecht berührt.

f) Lege die Nadel auf ein Stück Seiden- oder Zigarettenpapier, das auf dem Wasser schwimmt. Das Papier versinkt, sobald es sich voll Wasser gesogen hat, und die Nadel schwimmt frei. Auf diese bequeme und sichere Weise kann man Aluminiumdraht, eine magnetisierte Stahlfeder oder sogar eine dünne Münze zum Schwimmen bringen. Die schwimmende Stahlfeder bildet eine richtige Bussole. Nach Violle, Lehrb. d. Physik, Mechanik 2, 652, zeigte der englische Mechaniker Norman bereits 1575 Gilbert diese Erscheinung. (L N 15, 240; 1887. Sl 144. T T 1, 125.)

g) Laß eine magnetisierte Nähnadel eine Weile ruhig auf dem Wasserspiegel liegen und drehe dann das Glas. Die Nadel dreht sich mit. Ziehe die Nadel mit einem Magnet vorwärts. Sie schnell nach dem Entfernen des Magnets wieder auf ihre alte Stelle zurück. (M T 113.)

**148. a)** Reinige gründlich einen 8 cm weiten ganz ebenen Ring aus 1 mm dickem Kupfer- oder Aluminiumdraht und bestreiche ihn dann mit den Fingern. Gieße in eine gut ausgewaschene Schale reines Wasser und lege den Ring vorsichtig auf seine Oberfläche (Fig. 103). Man kann auch Quecksilbertröpfchen oder einen dünnen Platinring auf Wasser schwimmen lassen. (Van der Mensbrugge, L N 16, 135; 1888.)

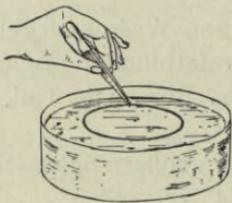


Fig. 103.

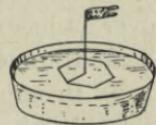


Fig. 104

b) Zieh zwischen den stets etwas fettigen Fingern einen weichen Eisendraht hindurch und biege daraus ein regelmäßiges Sechseck oder ein anderes umfangreiches ebenes Gebilde, führe das eine Drahtende erst nach der Mitte und wende es dann nach oben als Stiel oder als Stange für ein Fähnchen aus Seidenpapier (Fig. 104). Lege den

Rahmen auf den Tisch und sieh nach, ob alle Teile, abgesehen von dem aufwärts gebogenen Ende, in einer Ebene liegen; wenn nicht, hämmere ihn ganz flach. Setze den Rahmen behutsam auf das Wasser in einem Glas. Er schwimmt. (BS 100 Nr. 114.)

c) Laß ein handgroßes Kupferblech (Schablonenkupfer) auf Wasser schwimmen und belaste es noch mit einigen Gramm.

d) Bringe vorsichtig auf das schwimmende und nicht bis an die Grenze belastete Kupferblech mit der Saugröhre Äther, bis Blech und Gewichte hoch überdeckt sind. Das Blech schwimmt auf der Grenze zwischen Wasser und Äther, aber mit verminderter Tragkraft.

e) Fülle ein starkwandiges Glas, wie man es zu galvanischen Ketten verwendet, bis 1 cm unterhalb des Randes mit Wasser (Fig. 104a). Reibe beide Seiten einer runden Scheibe aus dünnem (0,3 mm) Zink- oder Kupferblech auf den Kopfhaaren und fette sie so etwas ein. Lege die Scheibe so auf den Wasserspiegel, daß sie überall um 1 cm vom Glas absteht. Sie schwimmt auf dem Wasser. Lege ein 10 g-Stück darauf und bringe sie zum Sinken. — Bringe die Scheibe abermals zum Schwimmen. Stecke durch eine 2 cm dicke Holzleiste einen 5 cm langen Nagel so weit, daß er die Oberfläche des schwimmenden Blechs eben berührt, wenn die Holzleiste auf dem Glas liegt. Schleife oder feile die Nagelspitze scharf und lege die Holzleiste wieder aufs Glas. Schlage nun mit einem Hammer kurz und scharf auf den Nagel. Er dringt durch das schwimmende Blech. (L. Wunder, Monatshefte f. d. naturw. Unterr. 6, 39; 1913.)

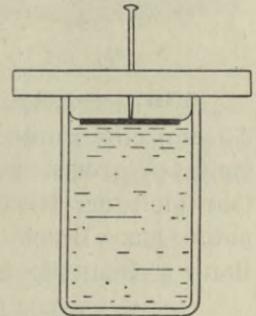


Fig. 104a.

**149.** Erlösung der Danaiden. Lege ein engmaschiges Drahtnetz aus Messing (Nr. 100) um eine Holzwalze, deren Durchmesser höchstens 7,5 cm groß sein darf. (Mit kleinern Walzen von 2,5 bis 4 cm Durchmesser arbeitet man jedoch leichter und sicherer.) Biege die langen Ränder des Drahtnetzes um, hake sie ineinander, reibe die Säume mit einem Stück Holz oder mit dem Rücken eines Taschenmessers an, löte sie aufeinander und verzinne die Enden des Drahtmantels. Schneide aus dem Drahtnetz oder aus Messing- oder Bleiblech die Böden, verzinne ihre Ränder und löte sie auf. Es ist vorteilhaft, die Ränder des Drahtmantels mit Ringen aus Messingblech zu versehen und darauf die Böden zu löten.

a) Tauche die Drahtwalze in einen Behälter mit Wasser und laß sie unter dem Wasserspiegel liegen, bis sie ganz benetzt ist. Das dauert bei großen Walzen einige Stunden; kleinere von 2,5 bis 4 cm Durchmesser werden hingegen sehr schnell benetzt. Auch ein wiederholtes Eintauchen von kurzer Dauer wirkt oft recht vorteilhaft. Hebe die Walze wagerecht aus dem Wasser. Ist sie vollständig benetzt,

so bleibt sie ganz mit Wasser gefüllt. Blase gegen den obern Teil der Walze. Das Wasser fließt heraus (Fig. 105). Tauche die Walze wieder ins Wasser. Sie füllt sich von neuem. Die Aufgabe der Danaiden kann man also heute spielend lösen. (F F 83.)



Fig. 105.

b) Schüttele die gefüllte Walze nach dem Daraufblasen, bevor alles Wasser herausgeflossen ist. Sie entleert sich nicht völlig (Fig. 106). c) Gieß auf die volle oder halb gefüllte Walze Wasser. Es fließt hindurch (Fig. 107). Ist aber die Walze ganz leer, doch vollständig benetzt, so kann man kein Wasser hindurchgießen. (F C 29. — S I 129.)

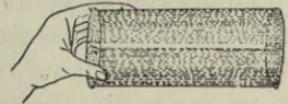


Fig. 106.

**150.** Schneide aus weichem Kupferdrahtnetz ( $\sim 20$  Drähte auf 2,5 cm) eine runde Scheibe von  $\sim 20$  cm Durchmesser, lege sie auf einen so großen runden Klotz, daß sie überall  $\sim 2,5$  cm vorsteht, fahre mit der Hand langsam rundherum und biege den Rand nach unten um. Drücke dabei die Scheibe flach an, bis du den ganzen Rand gleichmäßig umgebogen hast. Wickle um den umgelegten Rand zur Versteifung einige Drahtwindungen und löte oder binde sie fest. Schmelze eine oder zwei Paraffinkerzen bester Sorte in einer reinen flachen Schale auf einer heißen Platte, nicht über einer offenen Flamme; denn das ist gefährlich. Tauche in die geschmolzene wasserhelle Masse das Sieb, hebe es heraus, sobald es heiß geworden ist, und stoß es ein- oder zweimal auf den Tisch, um das Paraffin aus den Maschen herauszuschleudern. Lege das Sieb hin, mit dem Boden nach oben gekehrt, bis es kalt geworden ist, und Sorge dafür,

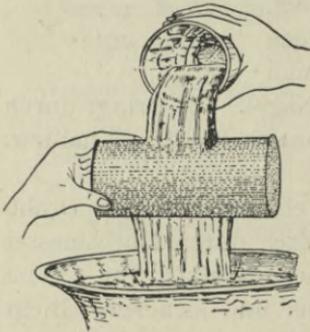


Fig. 107.

daß das Paraffin nicht abgekratzt oder abgerieben wird. Nimm das Paraffinieren an einem Ort vor, wo ein Fleck keinen Schaden anrichten kann. Volkmann (V A 114) biegt das Sieb aus einem Netz von  $\sim 1$  mm Maschenweite über dem Boden eines Batterieglasses, macht den Rand 1,5 cm hoch und verstärkt ihn durch einen angelöteten Draht oder Blechstreifen. Er bepinselt das Sieb mit einer dünnen Lösung von hartem Paraffin in Benzin und zündet es an, nachdem er die Vorratsflasche weggestellt hat. Nach kurzer Zeit bläst er die Flamme aus und nähert nach einigen Sekunden eine Flamme, um zu prüfen, ob alles Benzin verbrannt ist. Er bekommt so einen sehr dünnen gleichmäßigen Paraffinüberzug.

a) Stich mit einer Nadel vorsichtig durch einige Maschen und zeige, daß sie offen sind. Blase durch das Netz hindurch eine Kerzenflamme aus. Lege in das Sieb ein kleines Stück Papier, so groß wie zwei Briefmarken, und gieß etwa ein halbes Glas ( $50 \text{ cm}^3$ ) Wasser mitten darauf. Nimm das Papier weg. Es rinnt kein Wasser heraus. Gib dem Sieb einen Stoß. Das Wasser fließt sofort hindurch.

b) Setze das Sieb auf das Wasser in einer Schale. Es schwimmt. Lege ein Brettchen darauf und belaste es mit 20 bis 30 gr. Man kann in der Mitte des Siebes als Mast eine Tonpfeife und daran als Segel ein Stück Papier befestigen und daneben einige Püppchen setzen. (B S B 20, 136.)

**151.** Verstopfe eine mit Weingeist (oder Öl) gefüllte Flasche mit einem Wattebausch (ein Pfropfen aus Leinenzeug tut es auch, nicht aber einer aus Papier) und drehe das Gefäß um. Der Weingeist fließt nicht heraus. (F F 82.)

**152.** Sprenge den Boden einer Flasche ab, spanne über den so entstandenen Rand ein weitmaschiges Gewebe (2 bis 3 mm Maschenweite) und setze in den Hals einen Kork mit kurzer Glasröhre ein, sauge Wasser in das Gefäß oder tauche es in Wasser und verschließe es dann oben mit dem Finger. Das Wasser läuft nicht heraus. (De Romilly, Journal de physique 6, 85; 1877. Vgl. Nr. 420f.)

**153.** Schimpers Sagenien. Biege aus dünnem Eisen- oder Messingdraht einen Ring von 4 bis 5 cm Durchmesser, drehe die Drahtenden rechtwinklig zur Ringebene zu einem  $\sim 10$  cm langen Stiel zusammen. Spanne über den Ring ein Gazenetz und nähe es mit Zwirn an. Verfertige einige Netze von verschiedener (bis zu 1,5 mm) Maschenweite. Tauche ein solches Netz in Wasser und blase mit einem Strohalm oder einer Glasröhre Luftblasen darunter. Sie gehen nicht durch das Netz hindurch. (B Sch 57 Nr. 133.)

**154.** Schwimmer. Stecke in den einen Spiegel eines 2 cm dicken und 4 cm langen Korks einen 6 bis 8 cm langen sehr dünnen Eisendraht, der in einen kleinen Haken endigt oder einen kleinen Korb trägt, damit man die Belastung ändern kann. Befestige auf dem andern Spiegel des Korks einen 10 cm weiten Ring aus dünnem Eisendraht mit zwei Stücken A und B (Fig. 108) desselben Drahts. Stecke diese so in den Kork, daß die Ringebene auf der Korkachse senkrecht steht und die Ringmitte

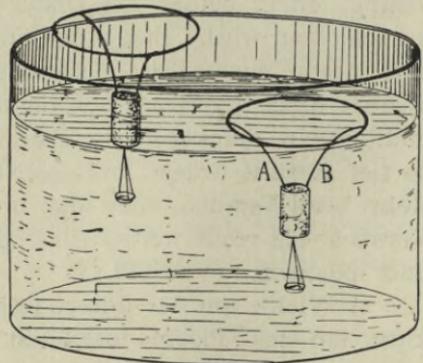


Fig. 108.

auf der Korkachse liegt. Tauche die Vorrichtung in das Wasser eines hinreichend tiefen Gefäßes. Ist die Belastung richtig bemessen, so

schwimmt der Kork lotrecht und sein oberer Spiegel liegt nur 8 bis 10 mm über der Wasserfläche. Drücke das Gerät lotrecht in die Flüssigkeit hinein und überlaß es sich selbst. Der Ring haftet auf der Wasserfläche; er ragt ein wenig aus dem Spiegel heraus und erzeugt eine gewölbte Kuppe. (Van der Mensbrugghe, LN 16, 135; 1888.)

**155. a)** Stecke durch die engen Löcher einer leichten Glaskugel (einer versilberten Weihnachtsbaumkugel oder der Kugel einer Saugröhre) von  $\sim 5$  cm Durchmesser einen 1 bis 2 mm dicken geraden Draht und kitte ihn mit Siegelack luftdicht ein (Fig. 109). Befestige



Fig. 109.

2,5 bis 5 cm über der Kugel durch Anlöten, Anbinden oder Ansiegeln ein ebenes Netz aus dünnem Draht und am untern Drahtende ein Stück Blei und beschneide es so lange, bis das Drahtnetz den Wasserspiegel eben nicht mehr zu durchdringen vermag, wenn man die Vorrichtung in Wasser taucht. Die Abmessungen des Geräts sind belanglos. Befestige an dem Schwimmer oben eine Papierfahne. Setze die Vorrichtung so in Wasser, daß das Drahtnetz in der Luft liegt, und drücke sie nun so weit abwärts, daß das Netz den Wasserspiegel berührt und dann durchdringt. Jetzt kann der Schwimmer nicht mehr emportauchen.

Bewege das Wasser so, daß eine Ecke des Netzes heraustritt. Der Schwimmer schnellst sofort empor. Man muß den Schwimmer mit  $\sim 7$  gr\* belasten, um das Netz unter den Wasserspiegel zu drücken. (Van der Mensbrugghe. BSB 19, 135.)

**b)** Stecke durch die Schale eines ausgeblasenen Eies einen 1 bis 1,5 mm starken harten Messingdraht und löte an sein oberes Ende ein  $50 \text{ cm}^2$  großes Messingdrahtnetz, das  $\sim \frac{1}{2}$  mm weite Maschen hat und dessen Rand der bessern Haltbarkeit wegen umgelegt worden ist. Bringe über und unter dem Ei je eine etwas ausgehöhlte kleine Korkscheibe an. Bestreiche Ei und Korke reichlich mit Schellacklösung, damit beides am Draht gut befestigt und das Ei luftdicht verschlossen wird. Biege das untere Drahtende zu einem Haken um und probe eine solche Belastung aus, daß der mit dem Netz auf Wasser niedergedrückte Schwimmer eben festgehalten wird. Schneide endlich ein Stückchen Bleirohr so zurecht, daß es den Schwimmer so tief abwärts drückt, bis das Netz das Wasser berührt. Stecke das Rohr beim Versuch über das obere Drahtende. Verwende zu dem Versuch ein recht weites Glas, etwa einen Behälter für Wassertiere und -pflanzen. (VA 113.)

**c)** Wickel um das untere Ende einer Glasröhre einen Bleistreifen, kitte ihn mit Picein fest und mache die so beschwerte Röhre mit einem Kork schwimmfähig (Fig. 109 a). Befestige oberhalb des Korks mit Picein ein schwach gewölbtes Drahtnetz und biege seine Drahtspitzen sorgfältig nach unten um. Bring an dem obern Röhrendende eine farbige Kugel aus Sonnenblumenmark oder ein Papier-

fähnchen an. Gleiche durch Versuche das Blei und den Kork so ab, daß die Oberflächenspannung des Wasserspiegels den Schwimmer beim Aufsteigen gerade noch zurückhält, wenn man das Gerät so weit untergetaucht hat, daß das Netz unter dem Wasserspiegel liegt. (R 2, 72.)

**156. a)** Gieß über eine schräg gehaltene Glasscheibe Wasser, das mit Anilin gefärbt worden ist, und zieh dann mitten durch die benetzende Wasserschicht einen wagerechten Strich mit einem Pinsel, der zuvor in Weingeist getaucht worden ist. Das Wasser weicht auf beiden Seiten des Weingeists zurück und gibt den mittlern Teil der Scheibe frei. Vgl. F 3, 160, 320.

**b)** Halte einen in Äther getauchten Pinsel dicht über die Wasserschicht. Das Wasser weicht von dieser Stelle ringsherum zurück. (A. Gray-Auerbach, Lehrb. d. Phys. 1, 791.)

**157. a)** Bedecke den Boden einer weißen Schale, wie man sie bei der Lichtbilderherstellung benutzt, mit einer ganz dünnen Schicht blau gefärbtem Wasser und laß auf die Mitte mit einem Glasstab oder aus einer Tropfflasche einen Tropfen starken Weingeist fallen. Das Wasser rinnt nach dem Rande zu, reißt einen Teil des Weingeists mit, und der trockne Boden der Schale wird sichtbar. (B S B 36.)

**a\*.)** Führe den Versuch mit einem flachen Bildwurfrog (F 3, 160, 321) aus und entwirf ein Bild dieser Erscheinung auf einem Schirm (F 3, 159, 319.)

**b)** Gieß auf die untere Seite einer umgedrehten Untertasse so viel Kaffee, daß er innerhalb des Randes das Porzellan eben bedeckt. Laß vorsichtig einen Tropfen Branntwein mitten auf den Kaffee fallen. In dem Kaffee entsteht eine Vertiefung und das Porzellan kommt zum Vorschein. Wiederhole den Versuch auf der Oberseite der Untertasse. Der Kaffee steigt an dem Rand empor. (C 1, 119 nach französischer Quelle.)

**c)** Gieß über ein Holzbrett ein wenig Wasser und drücke eine Fingerspitze darauf. Es entsteht ein trockner Ring um einen Flüssigkeitstropfen. Gertrud Schulzendorff.

**d)** Entzünde eine Stearinkerze und schabe Holzkohle in das geschmolzene Fett. Die Kohlenstückchen fließen an der Oberfläche nach außen und kehren unten zum Docht zurück.

**e)** Schütte Kuchenkrümel auf Wasser. Sie weichen auseinander. (B L O 98.)

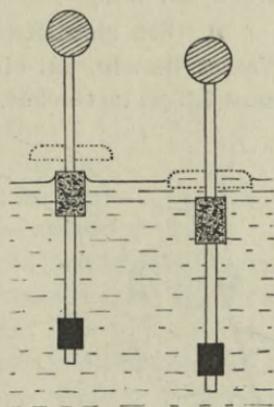


Fig. 109 a.

**158. a)** Weintränen. Man sieht sie am besten in einem Glas, das mit Portwein halb gefüllt ist. Der Wein steigt an der Glaswand empor, sammelt sich in Tropfen und rinnt dann hinab (Sprüche Salomonis Kap. 23, V. 31). Arme Schulmeister, die Portwein nur von Hörensagen kennen, mögen sich durch folgende gutartige Weinfälschung helfen: Mische zwei bis drei Teile Wasser mit einem Teil Weingeist, der mit ganz wenig Fuchsin hübsch gefärbt worden ist. Ein Stückchen Anilinfarbe, so groß wie ein Senfkorn, reicht für ein großes Weinglas aus. Befeuchte die Glaswand mit dem Kunstwein. (BSB 37, 139.)

**b)** Gieß eine Mischung, die halb aus Weingeist und halb aus Wasser besteht, auf eine wagerecht gehaltene Glasscheibe von mindestens 7,5 cm im Geviert, neige die Platte nach verschiedenen Richtungen und breite so die Flüssigkeit darauf aus. Halte die Scheibe, wie die Figur 110 zeigt, zwischen eine Kerze und ein Blatt Papier, und zwar mit der feuchten Seite gegen das Papier. Die Kerze bildet auf dem Papier die Bewegungen der Flüssigkeit ab. Beschleunige diese durch schwaches Blasen gegen das befeuchtete Glas. (Sl 154.)

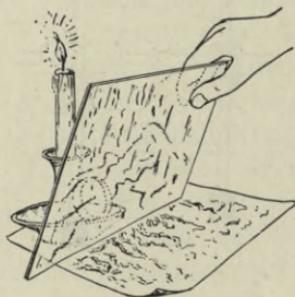


Fig. 110.

**b\*)** Fülle einen Bildwurfrog (F 3, 153, 302 und S. 388) halb mit nicht zu starkem Weingeist. Tauche einen gut gereinigten Glasstreifen hinein und ziehe ihn dann so weit empor, daß ein  $\sim 1$  cm breites befeuchtetes Stück aus dem Weingeist herausragt. Es bilden sich Tropfen und rollen am Glas hinab. Erzeuge auf dem Schirm ein Wurfbild der Tränen. Rosenberg (R 2, 73) empfiehlt, die geeignete Mischung von Weingeist und Wasser durch Vorversuche zu ermitteln.

**c)** Fülle in eine weiße Flasche etwas Südwein und verkorke sie dann. Das Tränen hört bald auf. Öffne die Flasche, führe das untere Ende eines Röhrchens bis über die Weinoberfläche ein und sauge den Weingeistdampf ab. Ist der Weingeistgehalt zu stark oder zu schwach, so zeigen sich keine Tränen. Ein Gehalt von  $\sim 25\%$  ergibt die beste Wirkung. (A. Gray-Auerbach, Lehrb. d. Phys. 1, 791.)

**159. a)** Bestreue eine Wasserfläche dünn mit reinem Bärlapp-samen, schwenke ein Glas mit Äther aus, so daß nur der Ätherdampf darin zurückbleibt, und gieße ihn aus dem Glas auf den Wasserspiegel. Das Pulver weicht von der Stelle, worauf der Ätherdampf fällt, schnell nach allen Seiten zurück. (Chwolson, Lehrb. d. Phys. 1, 569.)

**b)** Erzeuge an dem untern Ende eines lotrecht gehaltenen Glasröhrchens einen Wassertropfen und bringe Äther in die Nähe. Der Tropfen fällt sofort ab.

c) Stelle eine Glasröhre her von der in Figur 111 angedeuteten Gestalt, schmelze den untern Rand gut rund und mache seinen Durchmesser nicht größer als 16 mm. Schieb auf das obere Ende einen Gummischlauch, sauge damit Wasser empor, bis es in den engen Teil der Röhre eintritt, schließe den Schlauch mit einem Quetschhahn und zieh das Glasrohr mit einem kurzen Ruck lotrecht aus dem Gefäß.

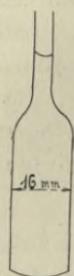


Fig. 111. Öffnung  $\sim 0,5$  mm weit und die Spitze möglichst

Das Wasser bleibt in der abgebildeten Gestalt in der Röhre hängen. Schwenke ein Glas mit einigen Tropfen Äther aus und bring es unter die Röhre, so daß die untere Wasserfläche mit dem Ätherdampf in Berührung kommt. Die Flüssigkeitshaut zerreißt und das Wasser fällt aus der Röhre heraus. Lord Rayleigh. (B S B. Deutsche Übers. 15.)

d) Verenge eine 1,3 cm weite Glasröhre AB (Fig. 112) unten bei C plötzlich. Mache die Spitze möglichst kurz und dünn im Glas. a) Gieß vorsichtig

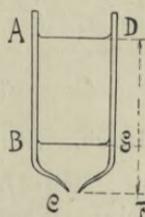


Fig. 112.

Wasser in die Röhre. Die von dem Häutchen bei C getragene Wassersäule DF ist  $\sim 2,2$  cm hoch. Fülle mehr Wasser hinein. Ein Teil fließt heraus.  $\beta$ ) Gieß Weingeist in die Röhre. Die Höhe FG der Flüssigkeit ist bedeutend kleiner als beim Wasser.  $\gamma$ ) Fülle die Röhre bis zur größten Höhe mit Wasser. Tropfe in ein kleines Becherglas etwas Äther und halt es unter C. Sofort fließt Wasser in einzelnen Tropfen aus. Entferne das Becherglas. Das Ausfließen hört auf, tritt aber von neuem ein, sobald man das Becherglas wieder nähert. (V. Dvořák, Physik. Zeitschr. 2, 223; 1901.)

e) Blase aus einer weitem Glasröhre ein walzenförmiges Gefäß, schmelze an sein unteres Ende eine  $\sim 8$  mm dicke Glasröhre, die wie in der Fig. 112a gebogen ist. Das lotrecht abwärts gebogene Ende besteht aus einem 8 mm dicken Haarröhrchen, das 1 mm weit ist. Klemme in einem Gestell das weite Gefäß fest und fülle es voll Wasser. Ein Teil davon fließt aus dem Haarröhrchen aus, doch bleibt zuletzt ein Tropfen hängen, und das Wasser steht in dem Gefäß  $\sim 1$  mm höher als die Ausflußöffnung. Gieß in ein kleines Becherglas einige Tropfen Äther

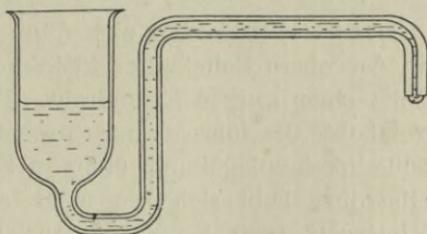


Fig. 112a.

und nähere es der Ausflußöffnung. Es fließt Wasser aus, bis es im Gefäß annähernd so hoch steht wie die Ausflußöffnung. (Grimsehl, Z 20, 163; 1907.) — Die Versuche (a) bis (e) eignen sich sehr zum Bildwurf.

f) Sprenge den Boden der Flasche a (Fig. 112b) ab und binde über die Öffnung feinmaschigen Mull. Senke mit einer Gestellklemme

dieses Gefäß in ein großes Einmacheglas voll Wasser. Verbinde die Flasche a mit einer größern andern Flasche b ohne Boden und beschwere diese so mit einem festgesiegelten Bleiring, daß sie, halb eingetaucht, sicher schwimmt. Hebe zuerst die Flasche a so hoch, daß einige Luftblasen durch die Maschen dringen, und senke sie dann so tief, daß dies eben wieder aufhört. Laß aus einer unten ausgezogenen Glasröhre etwas Äther unterhalb a aufsteigen. Berührt der Äther den Mull, so dringen große Luftmengen durch die Maschen hindurch. (Rebenstorff, Z 19, 27; 1906.)

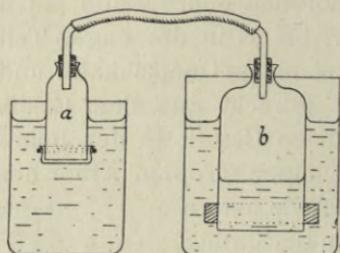


Fig. 112b.

**160.** Laß einen Tropfen Lavendelöl oder Korianderöl auf ganz reines Wasser in einem Teller fallen. Der Tropfen breitet sich sehr schnell zu einer so dünnen Schicht aus, daß sich zuweilen schöne Interferenzfarben zeigen. Die Schicht verliert ihren Zusammenhang; es entstehen die Tomlinsonschen Kohäsionsfiguren. Vgl. über den Bildwurf des Versuchs: R 2, 72. F 3, 160, 312 und 329, 650 k.

**161.** Fleckenreinigung. Mache auf einen Tuchlappen einen Fettfleck und tropfe etwas Benzin darauf. Es bildet sich fetthaltiges Benzin. Tropfe nun auf dieses reines Benzin. Das fetthaltige Benzin rinnt auseinander, vergrößert den Fettfleck und hinterläßt einen Rand. Mache auf einen andern Tuchlappen einen Fettfleck, zieh um diesen herum einen Ring aus reinem Benzin und tropfe dann erst auf den Fleck Benzin. Das fetthaltige Benzin zieht sich in der Mitte des Ringes zusammen, und man tupft es dort mit einem reinen Tuchlappen ab. Maxwell. (B S B 40.)

**162. a)** Befestige eine dünne Glasröhre von 5 mm Durchmesser an der obern Seite eines kleinen Korkstücks und an dessen unterer Seite einen kurzen Eisendraht. Biege diesen so, daß die in Wasser getauchte Glasröhre dauernd genau lotrecht schwimmt. Berühre den Flüssigkeitsspiegel mit einer in Seifenwasser getauchten Spitze. Die Glasröhre hebt sich um mehr als 2 cm. (Maragoni, Rivista di Vimercati 1880 S. 55, daraus G. van der Mensbrugge und F. Leconte, Ann. d. l. Soc. Scientif. de Brux. 26. Bd. 1. Teil.) Vgl. Nr. 230 und über die Kapillarwage von V. v. Lang R 2, 72.

**b)** Tauche den Schwimmer mit dem Drahtnetz (S. 78 Nr. 155) so tief ein, daß die Oberfläche des Wassers das Netz festhält. Tropfe etwas Äther in ein Glas und gieße den Ätherdampf auf den Wasserspiegel. Das Drahtnetz fährt aus dem Wasser heraus. (B S B 39.) Man kann auch der Wasserfläche mit Äther befeuchtete Watte nähern.

c) Tauche das Netz des Schwimmers unter den Wasserspiegel und betupfe das Wasser mit einem Pinsel voll Ochsen-galle oder Seifenwasser. Das Netz springt aus dem Wasser heraus. (BSB 42. VA 113.)

**163.** Bring in einem Glas auf reinem Wasser zwei Nadeln in paralleler Lage zum Schwimmen (vgl. S. 73 Nr. 147) und laß zwischen beide einen Tropfen Weingeist fallen. Die Nadeln fliegen auseinander. Wiederhole den Versuch mit Äther. Er wirkt noch stärker. (Sl 144.)

**164.** Die naschhaften Streichhölzer. Lege in einer Schüssel auf reines Wasser einige Streichhölzer sternförmig wie die Speichen eines Rades. a) Betupfe das Wasser in der Mitte des Sterns mit dem zugespitzten Ende eines kleinen Seifenstücks. Die Hölzer fliehen geschwind auseinander.

b) Tauche nun ein Stück Zucker ins Wasser. Die Hölzer stürzen rasch darauf zu. Statt der Streichhölzer kann man auch kleine Holz-fische verwenden. Die Seife ändert die Oberflächenspannung, und der Zucker saugt Wasser empor. (T T 2, 77.)

**165.** Laß auf einer reinen Wasserfläche eine Schleife aus gewirnter Nähseide schwimmen. a) Bring einen Tropfen Weingeist in die Schleife. Sie nimmt nahezu Kreisgestalt an. (Sl 145.) Van der Mensbrugge (Mémoires couronnés de l'Académie de Belgique, 34; 1869) legte die Schleife auf ein Seifenhäutchen. Vgl. S. 92 Nr. 181. b) Wiederhole den Versuch und berühre das Wasser in der Schleife mit einer in Öl getauchten Nadel. (W. Láska, PP 3, 126; 1890.)

**166.** Die schwimmende Ölsardine. Schneide aus Schreibpapier einen Fisch, wie ihn Fig. 113 in natürlicher Größe darstellt, mit einem runden Loch A in der Mitte und mit einem schmalen Spalt AB. Fülle einen länglichen Behälter (einen Fischkessel) mit reinem Wasser (Regenwasser) und lege den Fisch so darauf, daß

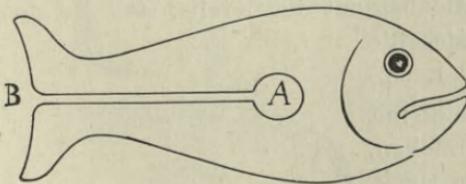


Fig. 113.

seine untere Seite ganz benetzt wird, die obere hingegen ganz trocken bleibt. Gieße vorsichtig einen großen Tropfen Öl in das Loch A.

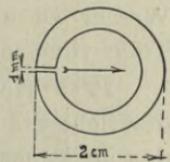


Fig. 114.

Das Öl breitet sich auf der Wasserfläche aus, fließt durch die Rinne AB, und der Fisch schwimmt infolge des Rückstoßes vorwärts. (T T 1, 79.) Statt des Fisches kann man den in Figur 114 dargestellten Papierring benutzen. (W. Láska, PP 2, 304; 1889.)

**167.** Die sich drehende Spirale. Biege aus sehr dünnem Eisendraht eine kleine Spirale, tauche sie flüchtig in Öl und bringe

sie auf Wasser zum Schwimmen. Sauge etwas Seifenwasser in einen Strohhalm und laß einen Tropfen Seifenwasser auf die Mitte der Spirale fallen, wie es die Figur 115 zeigt. Die Spirale dreht sich mehrmals herum. Laß einen Tropfen Seifenwasser wieder auf dieselbe Stelle fallen, sobald die Drehung aufhört. Die Spirale dreht sich von neuem. Statt Seifenlösung kann man Weingeist, Rum und dergleichen nehmen. (T T 3, 35.)

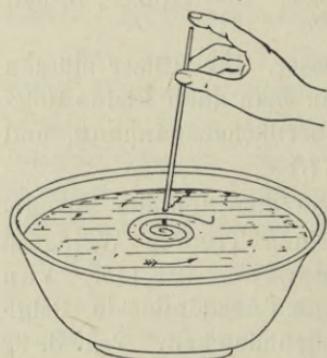


Fig. 115.

**168.** Lege auf die Oberfläche von ganz reinem Wasser eine Fadenschleife von 25 bis 30 cm Umfang derart, daß keine Stelle untertaucht und nur die untersten Punkte die Flüssigkeit berühren. Kratze mit einem Federmesser Teilchen von einem Stück Kampfer ab und laß sie in das Innere der Schleife fallen. Die Teilchen bewegen sich auf dem Wasserspiegel lebhaft umher, und der Faden rundet sich zu einem Kreis. (Van der Mensbrugge, LN 16, 135; 1888.) Vgl. über Kampferbewegung F 3, 160, 322—326.

**169.** Lege ein kleines Stück Kampfer auf ein Glimmerblättchen und laß es auf Wasser schwimmen. — Bei der Ausführung der Kampferversuche ist die größte Reinlichkeit erforderlich. Spüle das Gefäß vor der Benutzung mit starker Schwefelsäure aus, um alle Fettsuren zu beseitigen, und greife nicht mit den Fingern ins Wasser, da sich sonst eine Fettschicht bildet, die die Bewegungen des Kampfers hemmt. (BSB, deutsche Übersetzung 81.)

**170.** Kampferkrebse. Lege auf der Oberfläche des Wassers in einer Glasschale einige Kampferstücke so aneinander, daß sie die Gestalt eines Krebses andeuten. Bald beginnt der Krebs, sich auf dem Wasser zu bewegen, ohne daß sich die Teile voneinander trennen. (T T 1, 63.)

**171.** Kampferboot. Schneide mit der Schere aus Zinnblatt ein Schiffchen, das an seinem hintern Ende, dem Heck, flach ist und dort einen kleinen Ausschnitt hat. Befestige, um die Bewegungen des kleinen Fahrzeugs weithin sichtbar zu machen, mit Siegelack einen kleinen Strohhalm als Mast daran und bringe an seiner Spitze einen Wimpel aus buntem Seidenpapier an. (Fig. 116.)  
a) Setze das Boot aufs Wasser und bringe mit einem Glasstabe vorsichtig einen Tropfen Weingeist in den Ausschnitt am Heck. Das

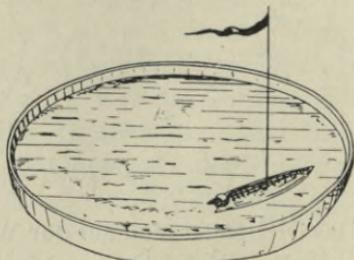


Fig. 116.

Schiffchen bewegt sich plötzlich und kräftig vorwärts. Ähnlich wie der Weingeist wirken Äther, Chloroform, ätherische Öle usw.

b) Lege nach dem Vorgange von Devaux in den Ausschnitt am Heck ein Stückchen Kampfer. Das Boot bewegt sich stundenlang. (T 220. F 3, 160, 324.)

**172.** Die unermüdlichen Tänzer. Stecke durch eine dünne Korkscheibe zwei feine Nähnadeln und auf ihre Enden lotrecht je eine kleine Korkplatte. Kitte mit Siegelack auf jede Platte, und zwar überall an derselben Seite, ein kleines Kampferblättchen. (Fig. 117.) Trage zu diesem Zweck auf den Kork etwas geschmolzenen Siegelack auf, erweiche ihn an einer Kerzenflamme und lege sofort mit einer Federzange die Kampferscheiben darauf. Setze die Vorrichtung auf Wasser. Sie beginnt von selbst sich zu drehen, und diese Bewegung hält mehrere Tage an. Doch darf weder die Vorrichtung noch der Wasserspiegel mit der geringsten Spur eines Fetts in Berührung kommen. Wasche dir daher vor dem Bauen des Geräts sorgfältig die Hände. Ist die Vorrichtung irgendwie fettig geworden, so fasse sie mit einer Federzange, wasche sie mit Äther ab und setze sie auf frisches reines Wasser in einem neuen oder ganz gründlich gewaschenen Teller. Man kann aus dünnem Papier ein tanzendes Paar ausschneiden, es an eine Nadel kleben und diese lotrecht in die Mitte der Scheibe stecken. (T T 3, 37.)

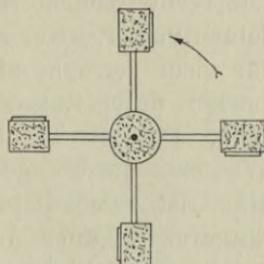


Fig. 117.

**173.** a) Setze eine Schale aus Weißblech, etwa den Deckel einer Biskuitschachtel, wagerecht auf die Rücken zweier Bücher (Fig. 118), gieß in das Gefäß etwas kaltes Wasser und streue Bärlappsamen oder Schwefelblüte darauf. Lege einen Finger irgendwo unten an den Boden des Gefäßes. Das Pulver strömt von der darüber befindlichen Stelle des Wasserspiegels nach allen Seiten weg, so daß hier ein leerer Fleck entsteht. Ein brennendes Streichholz wirkt schneller als der Finger.

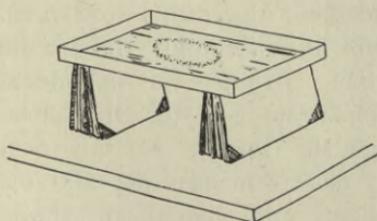


Fig. 118.

b) Stelle zwei flache, durch eine Rinne miteinander verbundene Gefäße her, so daß der Grundriß des Ganzen Ähnlichkeit mit einem H hat. Fülle den Behälter mit Wasser und streue in der Mitte der Rinne senkrecht zu ihrer Längsachse einen Streifen Bärlappsamen. Gieß auf das Wasser in dem einen Gefäß einen Tropfen Öl. Der Bärlappsamen bewegt sich nach dem andern Gefäß. Erwärme nun schnell das Wasser in diesem. Das Pulver kehrt zurück. (C 1, 115 nach französischer Quelle.)

### 3. Seifenhütchen.

**174.** Seifenlösungen. Gewöhnliche gelbe Seife ist weit besser als die meisten feinen Seifen, die gewöhnlich nur wenig Seife und viel schlechtes Zeug enthalten. Marseiller Seife ist sehr gut. Plateau sagt, daß reine, frisch aus Olivenöl hergestellte Seife (Natriumoleat) noch geeigneter als Marseiller Seife ist. Hat man gefunden, daß sich ein Stück Seife zum Herstellen einer Seifenlösung gut eignet, so hebe man es sorgfältig auf und versehe es mit einer ausführlichen Aufschrift. Die recht trockene Seife schabt oder verreibt man zu einem ganz feinen Pulver. Nur aus Seife und Wasser gemachte Seifenblasen sind für viele Versuche nicht haltbar genug. Plateau erhöhte die Haltbarkeit durch Zusetzen von Glycerin, das aber chemisch rein sein muß. Das mit Traubenzucker verfälschte Glycerin ist wertlos. Das Wasser sollte übergedampft sein, doch reicht, wenn solches nicht zur Hand ist, reines Regenwasser aus. Nimm nicht das Wasser, das nach längerem trockenem Wetter zuerst vom Dach rinnt; das Wasser, das von einem Schiefer- oder Glasdach abfließt, nachdem es einige Zeit geregnet hat, ist recht gut. Kann man frisches Regenwasser nicht haben, so verwende man das weichste Wasser, das zu erhalten ist. Die fertige Lösung bewahrt man am besten nicht in einer großen Flasche auf, sondern verteilt sie in kleine Flaschen, deren Inhalt gerade für die Versuche ausreicht. Jede benutzte Flasche wird bezeichnet und aufgehoben. Manchmal bleibt die Lösung brauchbar, manchmal auch nicht.

a) Käufliche Ölsäure ist zumeist nicht einwandfrei; sie enthält mehr oder minder Fettsäuren, wie Stearinsäure. Löse, um die reine Säure zu erhalten, 60 gr reine Seife (Mandelölseife oder auch Marseillerseife) in 600 gr siedendem Wasser und setze 30 gr Schwefelsäure hinzu, die zuvor mit 60 gr Wasser verdünnt und dann abgekühlt worden ist. Die Ölsäure steigt nach oben und bildet eine ölige Schicht. Hebere die Flüssigkeit darunter ab und wasche die Säure dreimal mit siedendem Wasser. Laß die Masse abkühlen und nimm sie von der Oberfläche des Wassers ab, wo sie schwimmt. Wäge sie, mische sie mit dem halben Gewicht Bleiglätte und erhitze das Gemenge auf 100 bis 107° C, bis sich keine Blasen mehr bilden und sich beide Stoffe vollständig verbunden haben. Laß das entstandene Bleipflaster trocknen und mische es in einer gut verstöpselten Flasche mit dem zehn- bis fünfzehnfachen Gewicht Äther, bis es vollständig aufgelöst ist. Filtere die Lösung und setze zu der hindurchgelaufenen Flüssigkeit so lange Salzsäure hinzu, als sich noch Blei niederschlägt. Gieße die ätherische Lösung ab und dampfe den Äther über. Es bleibt reine Ölsäure zurück. Gieße 7 cm<sup>3</sup> dieser Säure in nicht ganz 600 cm<sup>3</sup> siedendes Wasser und setze behutsam Tropfen für Tropfen Natronlauge hinzu, bis unter ganz sorgfältiger Vermeidung eines

Natronüberschusses die Säure vollständig gelöst ist. Füge nach dem Abkühlen Wasser hinzu, bis der Raum  $600 \text{ cm}^3$  beträgt. (Michelson, Light Waves 53.) Setze hierzu  $300 \text{ cm}^3$  bestes Glycerin und schüttele lange und tüchtig. (Sl 208.)

b) Löse je 5 gr Marseiller Seife in je  $12 \text{ cm}^3$  übergedampftem Wasser und filtere. Setze zwei Raumteile Glycerin zu drei Raumteilen der Seifenlösung. Schüttele tüchtig und laß die Mischung stehen, bis sich auf der Oberfläche eine weißliche Haut gebildet hat. Entferne diese und gieße die Flüssigkeit in die Vorratsflasche. (Sl 209. T T 1, 115.) Pfaundler (Müller-Pfaundler, Lehrb. d. Phys. 1, 425) nimmt nur 25 gr Seife auf  $1000 \text{ cm}^3$  Wasser; doch ist nach Weinhold (WD 168) die Flüssigkeit sehr dünn.

c) Plateaus Lösung. Man soll sie in einem warmen Zimmer herstellen, das wenigstens am Tage nicht kälter als  $20^\circ \text{C}$  ist. Löse 1 Gewt. frische gute Marseiller Seife in 40 Gewt. übergedampftem Wasser bei mäßiger Wärme und filtere die Lösung, sobald sie nahezu die Zimmerwärme angenommen hat. Mische 3 (15) Raumteile dieser Lösung mit 2 (11) Raumteilen reinem Glycerin, gieße die Mischung in eine Flasche und schüttele sie lange Zeit tüchtig. Laß die Mischung eine Woche lang stehen, kühle sie am achten Tag in Eiswasser auf  $3^\circ \text{C}$  ab, halte sie 6 Stunden lang auf dieser Wärmestufe und filtere sie dann durch sehr poriges Papier. Halte den Inhalt des Filters während der Arbeit kalt, indem du entweder die Filtervorrichtung in einen Eisschrank setzt oder eine verschlossene Röhre voll Eis in den Trichter hineinstellt; umgib mit Eis auch den Boden der Flasche, in welche die Flüssigkeit tropft. Gieße die ersten durchgefilterten, noch trüben Mengen wieder auf das Filter. Nach wiederholtem Filtern erhält man eine vollständig klare Lösung. Hebe diese bei Zimmerwärme in einer Vorratsflasche auf. Waren Seife und Glycerin tadellos, so hält sich eine Seifenblase, die von einem wagerechten, zuvor mit derselben Lösung befeuchteten Ringe getragen wird, an freier Luft 18 Stunden lang. (Sl 209.) Vgl. auch F 3, 326, 650d. — Tissandier (T 175) löst 1 Teil Marseiller Seife bei geringer Wärme in 40 Teilen übergedampftem Wasser, filtert nach dem Abkühlen und fügt zu 3 Raumteilen der Flüssigkeit 1 Raumteil Glycerin hinzu. Nach 24 Stunden der Ruhe filtert er wiederum und setzt nochmals ebensoviel Glycerin hinzu.

d) Amerikanische Lösung. Löse 60 gr Palmöl- oder Marseiller Seife, die zuvor in kleine Stücke geschnitten worden ist, in  $500 \text{ cm}^3$  Regenwasser. Schüttele, bis sich alles gelöst hat, was das Wasser aufnimmt. Laß die Lösung 24 bis 36 Stunden stehen. Filtre die Flüssigkeit, sobald sie sich gesetzt hat, behutsam durch einen Flanellappen. Gieß etwas von der wolkigen Flüssigkeit ab, falls sie sich nicht absetzt, und füge mehr Wasser hinzu. Das Absetzen wird nun kaum ausbleiben. Füge zu zwei Raumteilen der klaren Lösung einen Raum-

teil reines Glycerin hinzu. (SI 210.) A. M. Mayer (MS 63 Nr. 51) gibt die gleiche Anweisung, doch filtert er nicht.

e) Löse fein geschnittene gute Glycerinseife in Regenwasser, das  $\sim 40^\circ \text{C}$  warm ist. Die erhaltene Seifenlösung ist nicht zuverlässig. (SI 210.)

f) Terquems Lösung. Schabe Marseiller Seife fein, trockne sie an der Sonne oder auf dem Ofen und löse sie bei einer Wärmestufe von  $\sim 15^\circ \text{C}$  in Alkohol von  $0,865 \text{ gr/cm}^3$  Dichte. Verwende einen Überschuß von Seife. Verdünne mit Wasser Glycerin, bis es bei  $20^\circ$  die Dichte  $1,135 \text{ gr/cm}^3$  hat. Mische 1 Raumteil der Seifenlösung mit 4 Raumteilen des verdünnten Glycerins, erhitze in einer flachen Schale das Gemisch bis zum Sieden und koche es, um den Alkohol zu verdampfen, so weit ein, daß der Siedepunkt bis auf einige Grad über  $100^\circ$  steigt. Setze so viel Wasser zu der Lösung, daß sie wieder ihren ursprünglichen Raum einnimmt, und filtere sie dann durch einen Wollpfropfen. (Terquem, Carls Rep. d. Experimentalphys. 10, 72; 1874. LF 1, 2, 845 und R 1, 79.) Auch Schwalbe benutzte diese Lösung, doch urteilt Weinhold (WD 167) nicht günstig darüber.

g) Schabe von gut ausgetrockneter Marseiller Seife feine Späne ab, trockne sie an der Luft oder bei ganz gelinder Ofenwärme und zerreibe sie zwischen den Händen zu Pulver. Übergieß 20 gr davon in einer Flasche mit  $400 \text{ cm}^3$  Glycerin von der Dichte  $1,135 \text{ gr/cm}^3$  (12 Raumteile reines Glycerin mit 13 Raumteilen übergedampftem Wasser gemischt) und halte diese Flasche 1 bis 2 Stunden lang in einem großen Wasserbad sehr sorgfältig auf der Wärmestufe 24 bis  $25^\circ$ . Filtere die Mischung mehrmals durch ein Faltenfilter. Nimm ein neues Filter, wenn die Flüssigkeit nur noch mäßig trübe ist. (WD 168.) Auch diese Lösung benutzte Schwalbe.

h) Boys benutzt eine Abänderung der Plateauschen Vorschrift, die Reinold und Rücker gefunden haben. Sie lautet: Fülle eine reine Flasche mit eingeschliffenem Stöpsel dreiviertel voll Wasser und füge  $\frac{1}{40}$  seines Gewichts Natriumoleat hinzu, das wahrscheinlich auf dem Wasser schwimmt. Laß beides einen Tag stehen, damit sich das Natriumoleat löst. Fülle die Flasche mit reinem Glycerin auf, schüttle sie tüchtig oder gieß den Inhalt mehrmals in eine andere reine Flasche und wieder zurück. Stelle die gut verschlossene Flasche etwa eine Woche lang an einen dunkeln Ort. Zieh dann mit einem Heber die klare Flüssigkeit ab und trenne sie so von dem oben schwimmenden Schaum. Füge auf jedes Liter Flüssigkeit zwei bis drei Tropfen starke Ammoniaklösung hinzu. Bewahre die Lösung in einer gut zugestöpselten Flasche im Dunkeln auf. Entnimm nicht jedesmal, wenn du eine Seifenblase machen willst, die Lösung dieser Vorratsflasche, sondern benutze eine kleine Arbeitsflasche. Gieße niemals etwas in die Vorratsflasche zurück. Bei der Herstellung darf man die Lösung weder erwärmen noch filtern. Laß die Flaschen niemals ohne

Stöpsel stehen und setze die Lösung nicht länger als dringend nötig der Luft aus. Diese Seifenlösung, die auch in dem naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstitut für Lehrer höherer Schulen zu Berlin benutzt wird, hält sich länger als zwei Jahre. (B S B 142, danach T T 3, 149.) Looser (Z 15, 264; 1902) teilt eine Anweisung zur Herstellung einer Seifenlösung mit, die er Dähne verdankt. Diese Vorschrift ist unzweifelhaft Boys entlehnt, doch sind die Raumteile der Seifenlösung und des Glycerinzusatzes miteinander vertauscht, daher konnte Weinhold (W D 167) keine gute Flüssigkeit nach dieser verderbten Anweisung erhalten. Vgl. F 3, 326, 650d.

h\*) Schabe oder verreise recht trockne Marseiller Seife zu einem ganz feinen Pulver und löse dieses in der zwanzigfachen Menge von ungefähr halb wasserfreiem Glycerin. Man soll recht viel Natriumoleat und recht wenig andere Bestandteile der Seife lösen. Halte deshalb die Warmheit der Lösung recht sorgfältig zwischen 24 und 25° und gieße die Flüssigkeit nach zwei bis drei Tagen vom Ungelösten ab oder bringe die Seife bei ~ 40° in Lösung, halte sie lange auf der niedrigen Wärmestufe von 5° und scheide dadurch die unerwünschten Bestandteile allmählich wieder aus. Hebere die klare Flüssigkeit ab. Filtern gilt für nachteilig. Erprobe an einer kleinen Menge der Lösung, ob sie durch einen kleinen Zusatz von Wasser oder von Glycerin besser wird. Es wird empfohlen, der Lösung ein wenig Phenol zuzusetzen; da aber dieses die Schimmelbildung nicht hindert, die ein Hauptfeind der Seifenlösung ist, dürfte der Zusatz eines Kampferstückchens wirksamer sein. (V A 112.)

i) Zuweilen wird empfohlen, eine Zuckerlösung statt des Glycerins zu verwenden, doch sollte man diesem Ratschlag nicht folgen; denn die Urteile über ihre Brauchbarkeit sind sehr geteilt. Van der Mensbrugge (L N 16, 135; 1888) verwandte eine Mischung von 1000 cm<sup>3</sup> Wasser, 25 gr Marseiller Seife und 25 gr Zuckerkandis. K. Antolik gibt für derartige Lösungen folgende Vorschriften:

k) Löse 10 gr Marseiller Seife in 250 gr übergedampftem Wasser auf unter Erwärmung des Gemisches auf 80 bis 90° C und gleichzeitig 15 gr Zucker in 250 gr siedendem übergedampften Wasser. Mische beide Flüssigkeiten in heißem Zustande miteinander. Ziehe nach einigen Tagen die Lösung, sobald sie vollkommen klar geworden ist, von dem geringen Bodensatz ab (filtern darf man sie nicht). Setze bei dem Gebrauch der Lösung stets einige Tropfen übergedampftes Wasser hinzu. (K. Antolik, Z 4, 122; 1891.)

l) Zerschneide 5 gr Marseiller Seife in feine Spänchen und löse sie in 100 gr warmem übergedampften Wasser auf. Brenne gepulverten Zucker in einem Blechlöffel braun (nicht schwarz) und löse so viel in 100 gr übergedampftem kaltem Wasser auf, wie dieses aufnimmt. Mische beide Flüssigkeiten in kaltem Zustande. Bewahre die Flüssigkeit nach

zwei- oder dreimaligem Abgießen von ihrem Bodensatz in einer gut verstöpselten Flasche auf. (K. Antolik, Z 4, 122; 1891.)

m) Kollodium-Mischung. Löse 5,5 Gewt. Kollodiumwolle in 89 Gewt. Äther und 5,5 Gewt. Alkohol auf und gieße die Flüssigkeit von ihrem Bodensatz ab. Füge zu 100 Teilen der klaren Lösung 70 bis 100 Teile reines Rizinusöl. Dies gibt dauerhafte Häutchen, doch sind sie nicht so gut wie die der Geigenharzmischung.

n) Geigenharz-Mischung. Schmelze 46 Gewt. Geigenharz mit 53 Gewt. Kanadabalsam zusammen und füge einige Tropfen Terpentin hinzu. Erhitze die Mischung beim Gebrauch etwas über den Siedepunkt des Wassers. Je höher die Wärmestufe ist, desto dünner und besser werden die Häutchen, doch sind sie nicht mehr dauerhaft, sobald die Mischung heißer als  $110^{\circ}$  wird. S. P. Thompson. (Sl 210.)

Beachte stets bei Versuchen mit Seifenlösungen den trefflichen Rat Faradays (F F 81): Halt alles rein und seifig.

**175.** Ringe für Seifenblasen. Man kann sie aus beliebigem Draht herstellen. Boys benutzte verzinneten Eisendraht von  $\sim 1,2$  mm Durchmesser. Biege das eine Ende des Drahts zu einem Kreis und löte es sauber ohne Verdickung an den Handgriff, der von dem geraden andern Ende gebildet wird. (Vgl. F 1, 4 § 3.) Ist dies zu schwierig, so nimm den dünnsten Draht, der die Blasen noch sicher trägt, und drehe das eine Drahtende zwei- oder dreimal um das gerade Drahtstück. Ringe von 5 cm Durchmesser sind zweckmäßig. Man hat empfohlen, die Ringe in geschmolzenes Paraffin zu tauchen. (F 3, 327, 650d.) Boys findet jedoch, daß dies keine Vorteile bietet. Der beste Stoff für leichte Ringe ist dünner Aluminiumdraht, etwa so dick wie eine feine Stecknadel (0,4 bis 0,3 mm Durchmesser). Da man diese Ringe nicht löten kann, muß man die Enden zusammendrehen. Ist Aluminiumdraht nicht zu haben, so benutze man einen haarfeinen (0,1 mm Durchmesser) Draht aus Kupfer oder aus einem andern Metall. Die Ringe muß man, bevor man eine Seifenblase darauf legt, mit Seifenlösung befeuchten und nach dem Gebrauch sorgfältig abwaschen und trocknen. (B S B 145.) Sloane (Sl 193) benutzt Ringe von 2,5 bis 5 cm Durchmesser aus nicht zu starkem und nicht zu glattem Draht (Haarnadeln). Weinhold (W V 27) hält 1,5 mm starken Eisendraht, namentlich wenn er etwas rostig geworden ist, für recht geeignet, rät aber denen, die im Löten wenig geübt sind, die Ringe aus Messingdraht herzustellen. Rosenberg (Vierteljahrsber. d. Wiener Ver. zur Förd. d. physik. und chem. Unterr. 10, 71; 1905. R 2, 67) empfiehlt Ringe von 6 bis 8 cm Durchmesser aus 1,5 bis 2 mm dickem Aluminiumdraht, die er wie auch A. Good (T T 2, 203 und 3, 126) um einen runden Gegenstand (Wasserglas) biegt. Die Enden steckt er schräg zur Ringebene in einen hölzernen Handgriff und bindet

die geraden Teile mit weichem Kupferdraht zusammen. Volkmann (V A 112) verwendet je nach der Güte der Seifenlösung Ringe von 6 bis 12 cm Durchmesser.

**176. a)** Tauche in ein flaches Gefäß (Untertasse) voll Seifenlösung einen Drahttring, der mit einem Stiel versehen ist, und ziehe ihn wieder heraus. Es bildet sich darin ein sehr dünnes ebenes Häutchen. Blase schwach dagegen. Es dehnt sich zu einer gekrümmten Fläche, oft zu einem förmlichen Sack aus und zieht sich wieder zu einem ebenen Häutchen zusammen, sobald man aufhört zu blasen.

**b)** Drehe während des Blasens den Stiel des Ringes zwischen den Fingern. Der Sack löst sich vom Ringe los und bildet eine kugelige Seifenblase. — (W V 23.)

**c)** Halte den Ring mit dem Häutchen vor eine Kerze und blase kräftig gegen das Häutchen. Die Flamme rührt sich nicht, bis das Häutchen zerreißt und das Licht ausgeblasen wird. (Sl 193.)

**d)** Tauche die geschlossene Faust in Seifenlösung und öffne allmählich die Hand, doch halte dabei die Spitzen des Daumens und Zeigefingers so aneinander, daß beide Finger einen Ring bilden. Zieh langsam die Hand aus der Flüssigkeit. In dem Ringe hat sich ein Häutchen gebildet. Halte die Hand so vor den Mund, daß der Daumen nach außen, der kleine Finger dem Munde zugekehrt ist, und blase in den Handtrichter. Es entsteht oft ein Sack von 20 cm Durchmesser. (T T 2, 203.)

**177.** Tauche einen Drahttring mit Handgriff in eine Seifenlösung. Es entsteht ein Häutchen. Halte den Ring mit seiner Ebene lotrecht. Die Flüssigkeit rinnt langsam von oben nach unten und das Häutchen wird oben dünner, bis es schließlich zerreißt. (A. Gray-Auerbach, Lehrb. d. Phys. 1, 790.)

**178. a)** Hänge den Ring wie ein Pendel auf (Fig. 119) und stelle darin ein Häutchen her. Die Pendelschwingungen werden verzögert. Blase gegen das Häutchen. Der Ring wird aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt.

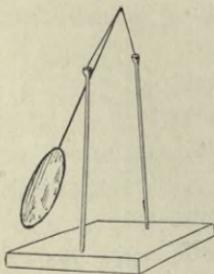


Fig. 119.

**b)** Windmühle. Bringe an den Enden von vier Drähten, die die Halbmesser eines Kreises bilden und an einer Achse befestigt sind, Ringe an (Fig. 120) und stelle in

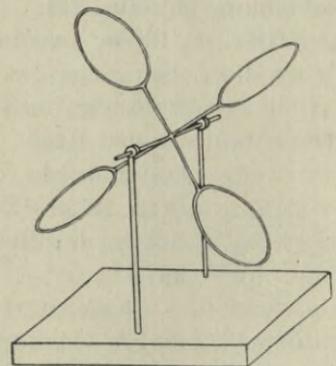


Fig. 120.

diesen Seifenhäutchen her. Setze die Windmühle durch Blasen gegen die Flügel in Bewegung. Man kann die Ringe auch schräg stellen. (Sl 195. Vgl. C 1, 51.)

**179.** Knüpfe an zwei Gegenpunkten eines Drahringes einen Kokonfaden oder einen dünnen, recht weichen Seidenfaden, der länger als der Durchmesser, aber kürzer als der halbe Umfang des Ringes ist.

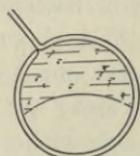


Fig. 121.

Tauche den Ring in eine Seifenlösung oder befeuchte ein Papierstück (oder Kautschukblatt) mit der Lösung und streiche mit seinem Rande so über den Ring, daß sich auf beiden Seiten des Fadens eine Haut bildet. Tauche eine Nähnadel (oder ein Streichholz) in die Seifenlösung und schiebe den schlaffen Faden hin und her.

Halte nun die Nadel einen Augenblick in eine Kerzenflamme und zerstöre mit der Nadelspitze die Haut auf einer Seite des Fadens. Die übrig bleibende Seifenhaut zieht den Faden nach der andern Seite und spannt ihn zu einem Kreisbogen aus (Fig. 121). (W V 24. BSB 51, 146.) Zeige die Erscheinung im Wurfbilde. (F 3, 161, 327.)

**180.** Fülle einen Ring mit einem Häutchen und lege einen mit der Seifenlösung gut durchtränkten Faden lose darauf, dessen Enden an einem Draht befestigt sind (Fig. 122). Durchbohre mit einem heißen Draht (Stricknadel) oder mit einem zusammengerollten Stückchen Fließpapier das Häutchen auf der einen Seite des Fadens. Der Faden wird fortgerissen und legt sich an den Ring an.

Zieh an dem Draht, woran der Faden befestigt ist. Das Häutchen wird wieder hervorgezogen und der Faden kreisförmig ausgespannt. Laß den Faden wieder locker. Er

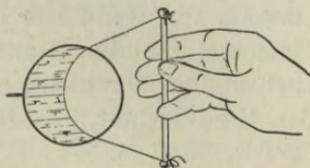


Fig. 122.

fliegt nach der entgegengesetzten Seite des Ringes. Zieh von neuem am Faden und nimm ihn ganz weg, sobald das Häutchen den Ring wieder ausfüllt. (Sl 195.) Weinhold (W V 24) bindet das eine Ende des Fadens an den Ring und zieht am andern Ende. Zeige die Erscheinung im Wurfbild. (F 3, 161, 327.)

**181. a)** Binde an einen Drahring einen Faden und an dessen Mitte die Enden eines zweiten kurzen Fadenstücks. Tauche den Ring in eine Seifenlösung und zerstöre die Haut zwischen den Fäden.

Diese bilden einen Kreis. Man kann ihn ohne Gestaltänderung in dem Ringe frei verschieben (Fig. 123). (BSB 52.) Entwirf auf einem Schirm ein Bild der Erscheinung. (F 3, 161, 327.)

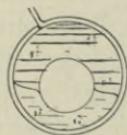


Fig. 123.

**b)** Van der Mensbrugge (Bulletins de l'Académie de Belgique (2) 22, 272; 1866.

LN 16, 135; 1888) legte auf das Häutchen

einen zusammengeknüpften Baumwollen- oder Seidenfaden, der zuvor gut mit Seifenlösung durchtränkt war. Weinhold (W V 24) knüpft das eine Ende des Fadens zu einer Schleife und bindet das andere Ende an den Ring (Fig. 124).

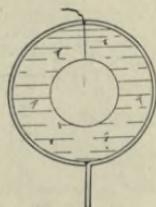


Fig. 124.

c) Rosenberg (a. a. O.) knüpft die Fadenschlinge mit vier kurzen weichen Seidenfäden (Fig. 125) lose an den Ring. Man kann mit dieser Vorrichtung den Versuch leicht ausführen. Zerstöre erst das innere Feld und dann noch ein benachbartes Feld. Der beiderseits freie Faden wird gerade gereckt und die nur auf einer Seite freien Fäden bilden Kreisbögen.

**182.** Fädle durch kleine Halmstücke feiner Gräser einen Kokonfaden und binde ihn zu einer Schleife zusammen. Lege diese auf ein Seifenhäutchen und durchstoße das innere Feld. Das Ganze ordnet sich so an, daß die Fäden Bögen und die geraden Halmstücke Sehnen desselben Kreises bilden. Nach einem Satz von Steiner schließt der so entstandene Umfang die größte mögliche Fläche ein. (Schoentjes, LN 16, 135; 1888.)



Fig. 125.

**183.** Das romanische Fenster (Fig. 126). Stelle einen senkrechten Rahmen her aus zwei wagerechten  $\sim 15$  cm langen Stäben (aus dünnen Stricknadeln, noch besser aus 4 mm dicken leichten Holzstäben) und aus zwei an ihre Enden geknüpften lotrechten Seidenfäden. Binde an den obern Stab einen Faden, womit du das Ganze hinabsenken kannst, ohne diesen Stab zu berühren. Befestige an Punkten der beiden Seitenfäden, die von den untern Enden um den dritten

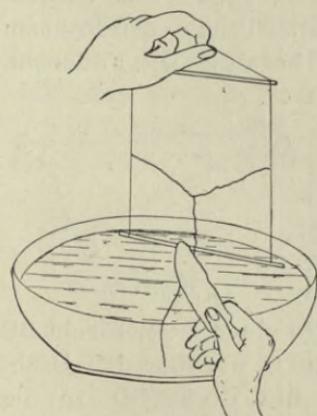
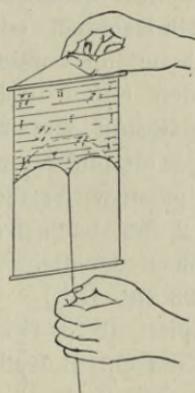


Fig. 126.



Teil der Fadenlänge entfernt sind, einen losen dritten Seidenfaden und knüpfe an seine Mitte einen vierten Faden, der frei hinabhängt. Tauche das Ganze in eine Schale mit einer recht guten Seifenlösung und hebe den Rahmen langsam empor. Er ist mit einem dünnen Seifenhäutchen bespannt; der dritte und der vierte Faden kleben daran. Zerstöre

mit einem kleinen Stück Fließpapier die beiden Häutchen zwischen dem Querfaden und dem untern Stabe. Der Querfaden wird nach oben gezogen und bildet einen Halbkreis. Es entsteht gleichsam ein romanisches Tor, wie die gestrichelte Linie in der Figur rechts andeutet. Zieh an dem in der Mitte frei hangenden Faden. Es entsteht ein romanisches Fenster mit zwei nebeneinander liegenden Stichbögen. Laß den Faden los. Die beiden Bögen verwandeln sich wieder in einen Rundbogen. (TT 3, 125.)

**184.** Quecksilberhäutchen. Biege das Ende eines Kupferdrahts, der so dick wie eine Stricknadel ist, zu einem geschlossenen Kreis, dessen innerer Durchmesser nicht viel größer als 0,6 cm ist. Bringe auf einer Untertasse den Ring mit einem Quecksilbertropfen und mit verdünnter Salpetersäure in Berührung. Er wird verquickt. Fahre mit dem Ring in rascher schöpfender Bewegung durch Quecksilber, worüber Wasser geschichtet worden ist, und hebe so ein Quecksilberhäutchen heraus. Halt es genau wagerecht und entferne das darauf liegende Wasser mit Fließpapier. Stelle das Häutchen lotrecht. Es zerreißt. (Sl 182.)

**185.** Rennende Seifenhäutchen. a) Befeuchte ein kegelförmiges Lampenglas innen vollständig mit Seifenwasser und laß es ablaufen. Halte das Glas lotrecht, tauche sein weites Ende in Seifenwasser und zieh das Glas vorsichtig heraus. An dem eingetauchten Ende bildet sich ein Flüssigkeitshäutchen. Halte das Glas wagerecht. Das Häutchen läuft bis zu dem engen Ende des Glases. Erzeuge nacheinander einige Häutchen. Sie laufen hintereinander her, als wollten sie sich haschen. (TT 3, 129.)

b) Wiederhole den Versuch mit einem Glasrichter. (Chwolson, Lehrb. d. Physik 1, 569 Nr. 8.)

**186.** Verbinde zwei dünne Holzstäbchen (Fig. 127) mit Seidenfäden so miteinander, daß ein Rechteck entsteht. Tauche den Rahmen in eine Seifenlösung und hebe ihn vorsichtig heraus. Die Fäden an beiden Seiten nehmen die Gestalt von Kreisbögen an, und das untere Stäbchen wird gehoben. (C 2, 59 nach französischer Quelle. Vgl. S. 93 Nr. 183.)

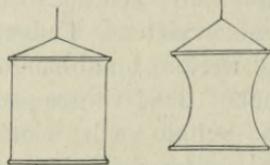


Fig. 127.

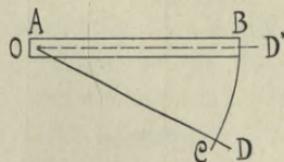


Fig. 128.

**187.** Löte an den Kupferstab AB (Fig. 128) einen Kupferdraht BC und biege ihn kreisförmig um O. Befestige in O drehbar den Draht OD'. Bepinsele alle Stücke mit Seifenlösung und drehe OD' in die Stellung OC. Zwischen AB und OC entsteht eine ebene lotrechte Seifenhaut. Laß den Draht OD los. Er bewegt sich in die Stellung OD'. (Dupré, Théorie mécanique de la chaleur; Paris, Gauthier-Villars, 1869. Violle, Lehrb. d. Physik, Mech. 2, 585.)

**188.** Spanne einen dünnen Baumwollenfaden wagerecht aus. Lege, ihm gleichgerichtet, unmittelbar darunter eine sehr dünne Glasröhre, deren Enden mit je einem kleinen Eisendrahting versehen sind und die in der Mitte eine leichte Papierschale trägt. Streiche mit einem Pinsel Seifenlösung zwischen den Faden und die Röhre, die von ihm um den Durchmesser der Eisenringe absteht. Es bildet sich eine Flüssigkeitshaut, und die Röhre bleibt an dem Faden hängen.

Schütte feinen Sand vorsichtig auf die Papierschale, bis die Röhre abgerissen wird. Teile die Summe der Gewichte von Röhre, Schale und Sand durch die in Millimeter gemessene doppelte Länge der Röhre. Das Ergebnis ist die Konstante der Oberflächenspannung. Van der Mensbrugge. (Violle, Lehrb. d. Physik. Mechanik 2, 588.)

**189. a)** Erhitze eine Stricknadel bis zur Rotglut und biege daraus einen Bügel ABCD mit einer Öse bei E (Fig. 129). Stecke als Handgriff ein Holzstäbchen bei E ein. Biege mit der Rundzange an den Enden einer dünnern Stricknadel AB Ösen, womit sie leicht auf dem Bügel gleitet. Reinige sorgfältig mit Weingeist und Wasser den Rahmen, tauche ihn in eine flache Schale mit Seifenlösung und ziehe ihn heraus. AB verschiebt sich nach CD. Fasse die Enden von AB zwischen Daumen und Zeigefinger und ziehe den Draht vorsichtig von CD fort. Das Häutchen spannt sich wieder aus und zieht sich nach dem Loslassen von AB von neuem zusammen. (Vgl. S. 92 Nr. 180.) — Rosenberg (R 2, 67) stellt jetzt den Bügel ABCD aus  $1\frac{1}{2}$  bis 2 mm starkem weichen Aluminiumdraht her, biegt die Bügelenden etwas nach oben und befestigt bei E als Griff ein Holzstäbchen, schräg zur Bügelebene. Den Gleitdraht AB verfertigt er aus höchstens 1 mm dickem Aluminiumdraht. Er taucht den Rahmen in Seifenlösung, zieht ihn heraus, wobei sich AB an DC anlegt, hält ihn über die wagerechte Beleuchtungslinse (F 3, 319 u. 327) und führt dann den Versuch aus.

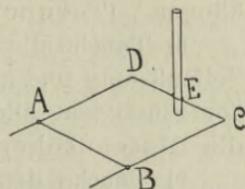


Fig. 129.

**b)** Versieh einen dreiseitigen rechtwinkligen Rahmen (Fig. 130), worin Nuten eingeschnitten sind, mit einem Drahte, der darin in wagerechter Stellung gleiten kann, und befestige daran eine leichte Schale. Setze den Draht so ein, daß er die obere Leiste des Rahmens berührt, und bringe zwischen Draht und Rahmen eine Seifenlösung oder eine andere Flüssigkeit, indem du entweder den Rahmen umkehrst und in die Lösung eintauchst oder die Lösung mit einem Haarpinsel aufstreichst. Der Draht bleibt an der obern Rahmenleiste haften. Lege auf die Schale Gewichte. Er wird abwärts gezogen und hängt an dem Häutchen. (Sl 190. Vgl. auch BSB, deutsche Übersetzung S. 83.)

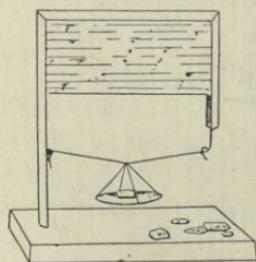


Fig. 130.

**c)** Stelle den in Fig. 130a abgebildeten Drahtbügel her, der  $\sim 10$  cm weit ist. Befeuchte ihn mit Seifenlösung, hänge ihn an das eine Ende eines Wagebalkens und gleiche ihn ab, während seine Enden  $\sim 1$  cm tief in die Seifenlösung tauchen. Hebe das Gefäß und spanne so eine Seifenhaut über den Drahtbügel. Senke das Gefäß und stelle durch Belastung mit  $\sim 0,3$  gr das Gleichgewicht wieder her. (VA 113.)

**190.** Stelle aus Draht (vgl. S. 90 Nr. 175) die in Fig. 131 A—J dargestellten kleinen Gestelle her, wovon J ein windschiefer Rahmen ist. Weinhold (W V 28) nimmt die Kanten 6 cm lang, Donath empfiehlt, sie nicht länger als 3 bis 4 cm zu machen. Man braucht bei diesen Gestellen nur für die waagrechten Kanten Metalldraht zu nehmen; für die senkrechten und schiefen Kanten kann man Fäden verwenden. Dadurch wird es möglich, die Rahmen in einem flachen Gefäß mit Seifenlösung ganz unterzutauchen und für eine gegebene Flüssigkeitsmenge ein größeres Gerippe zu benutzen. Da die Oberflächenspannung die biegsamen Kanten krümmt, muß man ein geeignetes Gewicht unten anhängen. (Terquem, Journal de physique 7, 406; 1877.)

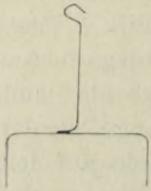


Fig. 130a.

a) Tauche die Gestelle einige Minuten lang in ein Trinkglas mit Seifenlösung und hebe sie vorsichtig heraus, sobald auf der Oberfläche der Flüssigkeit alle Schaumbläschen vergangen sind. Es entstehen die Plateauschen Gleichgewichtsgestalten.

b) Tauche den Würfel erst ganz, dann nur mit seinen untern Kanten ein und zerstöre bei letzterm Versuch mit einem Stück Fließpapier eine Seite des entstandenen kleinen Würfels. Beim Würfel

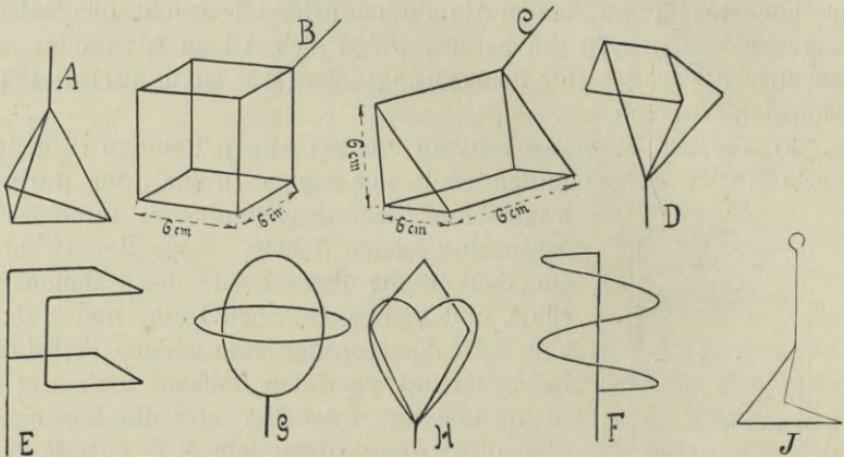


Fig. 131.

bilden sich ebene Häute, die nicht in der Mitte zusammenstoßen; dort entsteht ein kleines Quadrat. Bläst man nun von der Seite her gegen eine Kante, so verschwindet das Quadrat, entsteht aber sogleich wieder in einer zu der frühern senkrechten Stellung. (VA 115.)

c) Erhitze die Thompsonsche Lösung (S. 90 Nr. 174 n) auf die Wärmestufe des siedenden Wassers und tauche die Drahtgestelle längere Zeit ein. Die lange haltbaren Häutchen bilden sich zuweilen recht langsam.

**191.** Schiebe durch eine Röhre einen dünnen Eisendraht, wovon das eine Ende zu einem ringförmigen Handgriff A (Fig. 132) umgebogen worden ist. Laß einen Gehilfen ihn in der Röhre festhalten und wickle das herausragende Drahtende in 8 bis 10 dicht nebeneinander liegenden Windungen um die Röhre. Ziehe diese heraus, biege den Eisendraht hinter der letzten Windung zu einer Öse B um, führe das Ende BC des Drahts in der Richtung des Drahtstücks, das die Achse AD bildet, und binde es daran vor dem Handgriff A mit einigen Windungen aus sehr dünnem Draht derart fest,

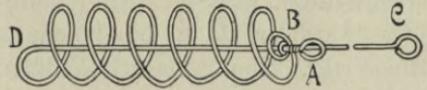


Fig. 132.

daß BC längs AD noch verschiebbar bleibt. Biege das Ende des beweglichen Drahtstücks zu einem kleinen Ring C um. Halte den Ring A in der linken und den Ring C in der rechten Hand. Tauche die Drahtspule in eine Schale mit Seifenwasser und zieh BC heraus. Die Schraube wird ausgereckt, die Gewindehöhe wächst, und es entsteht eine dünne Haut, die eine Schraubenfläche bildet. Durch Bewegen von BC kann man die Gewindehöhe ändern, ohne daß das Häutchen zerreißt. (T T 3, 127.)

**192. a)** Gieße in einen Trog, dessen Seitenwände Glasplatten sind und ~ 1,3 cm voneinander abstehen (vgl. S. 44 Nr. 74), etwas Seifenwasser, blase mit einer Glasröhre hinein und erzeuge dadurch viele kleine Seifenblasen (Fig. 133). Niemals schneiden sich mehr als drei Häutchen in einer Kante, und alle Schnittwinkel sind einander gleich. Zuweilen treffen sich sogleich nach dem Blasen vier Häutchen in einer Kante; solche Gebilde sind jedoch hinfällig und nehmen bald die Gleichgewichtsgestalt an. (BSB 118.)

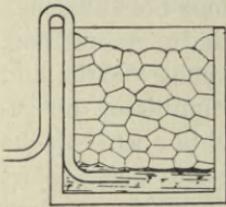


Fig. 133.

**b)** Bespritze den Seifenschaum mit Wasser. Er bleibt bestehen. Besprenge ihn mit Äther. Der Schaum verschwindet.

**193.** Bringe Glyzerin, Weingeist und Wasser in Prüfläschen und versuche sie durch Einblasen von Luft oder durch Schütteln zum Schäumen zu bringen.

#### 4. Seifenblasen.

**194.** Seifenblasen stellt man mit einem Strohalm her, der an dem einen Ende in vier rechtwinklig umgebogene Teile gespalten ist, oder mit einer fingerstarken Papierröhre, die wie der Strohalm gespalten ist. Große Blasen erzeugt man mit kurzen holländischen Tonpfeifen oder auch mit geraden oder gebogenen Glasröhren von 0,6 bis 0,9 cm innerm Durchmesser, die vorn etwas erweitert und deren Ränder rundgeschmolzen sind. Man kann ferner auf das Ende einer Röhre aus Metall oder Glas eine durchbohrte Korkscheibe (Senfkork) setzen. Riesenblasen erzeugt man mit einer kleinen

Kindertrompete, mit einem Blechtrichter von 7,5 bis 10 cm Durchmesser oder mit dem 10 bis 12 cm langen, am untern Ende eben geschliffenen, 4 bis 5 cm weiten Hals eines Glaskolbens. Beim Blasen halte man das Rohr nach unten, folge aber der Bewegung der Blase nach oben, ohne sie loszulassen, wende dabei das Ende des Rohrs nach oben, bis man den unten hangenden Tropfen erreicht hat, und streife diesen ab. Es strengt sehr an, Kugeln zu blasen, deren Durchmesser größer als 15 bis 20 cm ist; man erzeugt sie daher mit einem Blasebalg. Nimmt man Seifenlösung in die trompetenförmig zusammen-

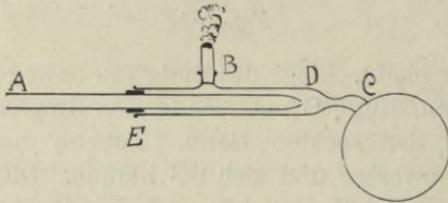


Fig. 134.

gelegten Hände und bläst in die Höhlung, so kann man große Seifenblasen herstellen (vgl. S. 91, Nr. 176 d). Bei einigen Versuchen ist es besonders wirkungsvoll, die Blasen mit Tabakrauch zu füllen. Nichtraucher können dabei den in Fig. 134 abgebildeten Ansauger benutzen. Die bei D fast zugeschmolzene Blaseröhre AD ist mit einem Kautschukschlauch in den Mantel EC eingesetzt, in dessen seitlichen Stutzen B wird die brennende Zigarre oder Zigarette gesteckt. (SI 204.)

gelegten Hände und bläst in die Höhlung, so kann man große Seifenblasen herstellen (vgl. S. 91, Nr. 176 d). Bei einigen Versuchen ist es besonders wirkungsvoll, die Blasen mit Tabakrauch zu füllen. Nichtraucher können dabei den in Fig. 134 abgebildeten

**195. a)** Tauche in eine Seifenlösung den Kopf einer holländischen Tonpfeife (oder den kleinen Trichter einer rechtwinklig umgebogenen, ziemlich weiten Trichterröhre), befeuchte den Rand recht tüchtig und blase durch den Pfeifenstiel. Es bildet sich eine Seifenblase, die zu meist einen Tropfen Seifenlösung trägt und unbrauchbar ist. Mache daher diese Seifenblase nur ganz klein, schüttle sie ab und blase sofort wieder anfangs schwach, dann immer kräftiger in die Pfeife. Es entsteht eine große Blase. Nimm die Pfeife aus dem Munde. Die Blase wird kleiner. Halte einen Finger auf die Stielöffnung oder verschließe sie mit der Zungenspitze. Die Blase verkleinert sich nicht mehr. Richte die Mündung des Pfeifenstiels gegen ein brennendes Licht. Die Flamme wird zur Seite geblasen oder sogar ausgelöscht. (Violle, Journal de Physique 4, 313; 1875.) Blase Tabakrauch durch die Pfeife und laß dann die Seifenblase zusammenfallen. Der Rauch wird aus dem Pfeifenstiel herausgetrieben. (Vgl. S. 100, Nr. 197.)

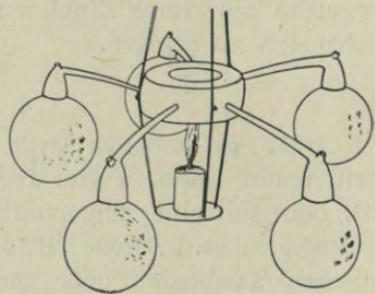


Fig. 135.

**b)** Kronleuchter aus Seifenblasen (Fig. 135). Schnitze aus einer Kartoffel einen 2 Finger starken Ring, stecke in den Mantel drei Stecknadeln und hänge den Reifen mit Drähten an der Decke auf. Befestige ferner an diesen Nadeln drei Drähte, die eine Kartonscheibe tragen, und

stelle eine angezündete Kerze darauf. Blase mit kurzstieligen Pfeifen Seifenblasen mittlerer Größe, fülle sie mit Rauch und stecke die Mundstücke in den Ring. (T T 3, 135.)

c) Ball in der Seifenblase (Fig. 136). Schneide von einem Kantel ein ~ 3 cm langes Stück ab. Biege die Enden eines dünnen Eisendrahts, der etwas länger als das verkürzte Kantel ist, zu zwei Ringen um, und nagle diese an die Enden des großen Kantelstücks. Schiebe das kleine Kantelstück als Steg lotrecht unter den Draht. Zupfe den Eisendraht. Er gibt einen Ton, den man ändern kann, wenn man einen Finger auf verschiedene Stellen des Drahts legt. Das liefert die Ballmusik. Schnitze aus Kork einen Tänzer und eine Tänzerin, streiche sie mit Ölfarbe an und mache für jeden Stützen aus Eisendrahtstückchen. Nagle eine Weißblechscheibe (Boden einer Einmachebüchse, Deckel einer Wachsachtel) mit dem Rand auf den Steg. Tauche die Tanzpuppen in Seifenlösung, befeuchte damit auch die Blechscheibe und blase um die Tänzer auf der Blechscheibe eine große Blase, den Tanzsaal. Zupfe die Saite. Die Erschütterungen übertragen sich auf die Scheibe und die Tänzer hüpfen umher. (T T 3, 147.)

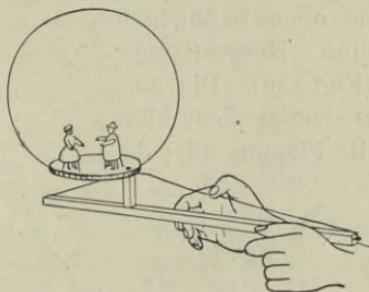


Fig. 136.

d) Blase bei starkem Frostwetter im Freien eine Seifenblase. Es bilden sich sofort Eisblumen in dem Häutchen. (T T 3, 147.)

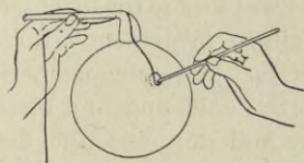


Fig. 137.

196. a) Durchbohren einer Seifenblase (Fig. 137). Laß vom Pfeifenkopf einen Seidenfaden hinabhängen, der in eine Schleife endigt und mit Seifenlösung gut durchtränkt worden ist, und blase mit Tabakrauch eine Seifenblase. Der Faden haftet daran. Durchbohre mit einem heißen Draht oder mit

einem Stück Fließpapier die Haut im Innern der Schlinge. Die Schleife dehnt sich zu einem Kreis aus, und der Rauch entweicht. Hat die Öffnung einen Durchmesser von Bleistiftstärke, so fällt die Blase sehr rasch zusammen, wenn man sie nicht durch ganz kräftiges Blasen auf ihrer ursprünglichen Größe erhält. Stelle ein Licht vor die Öffnung. Die Flamme wird weggeblasen und zuweilen ausgelöscht. (Sl 188, 204.)

b) Blase an einen Drahring eine Seifenblase und hänge an diese einen kleinen Ring. Blase etwas Tabakrauch in die Blase und zerstöre die Haut in dem untern kleinen Ringe. Der Rauch wird herausgetrieben und der Ring emporgehoben. (BSB 53.)



Fig. 138.

**197.** a) Gieß auf einen Teller etwas Seifenlösung, benetze damit den Rand einer Tonpfeife, stelle auf dem Teller eine Blase her und stecke eine gut mit Seifenlösung befeuchtete gebogene Glasröhre durch die Haut (Fig. 138). Die ausströmende Luft bläst eine Kerze aus. (FF 81.)

b) Blase eine Seifenblase mit einer kurzen weiten Röhre, die sich an dem Ende, das in die Lösung eingetaucht wird, erweitert (Blechtrichter), und halte das offene Ende gegen eine Kerzenflamme (Fig. 139). Die ausströmende Luft bläst die Flamme aus; die

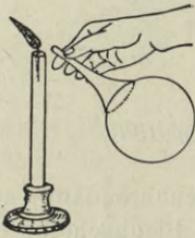


Fig. 139.

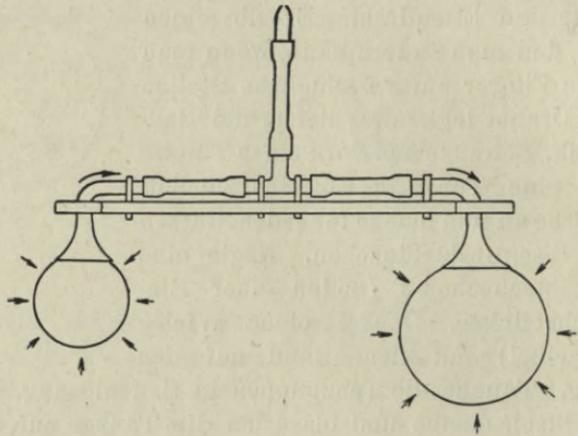


Fig. 140.

Seifenblase wirkt wie ein federnder Sack. (BS B 54, 146.) Vgl. S. 98 Nr. 195 a.

**198.** Verbinde durch Kautschukschläuche zwei kleine Glastrichter, deren Hälse umgebogen sind (oder zwei Tonpfeifen), mit einem T-Rohr und dieses mit einem Blaseröhrchen, das oben fast zugeschmolzen ist (Fig. 140). Tauche die Trichtermündungen in Seifenlösung und blase zwei verschieden große Blasen, wobei das eine Mal der eine und das andere Mal der andere Kautschukschlauch mit dem Finger oder einem Quetschhahn zusammengedrückt wird. Setze die Seifenblasen miteinander in Verbindung, während sie von der äußern Luft abgesperrt sind. Die größere Spannung in der kleinern Blase treibt daraus die Luft in die größere Blase hinüber. (WD 168. BS B 54, 147.) Danneberg (Z 23, 41; 1910) füllt die kleinere Blase mit Tabakrauch.

**199.** a) Verbinde eine gebogene Glasröhre mit dem Stiel einer Pfeife, erzeuge damit eine Seifenblase und tauche das freie Rohrende in Wasser (Fig. 141). Die Senkung der Wasserkuppe in der Röhre unter den Wasserspiegel im Glase zeigt die Spannung an. (Henry, Phil. Mag. 26, 541; 1845. Sire, Étude sur la forme globulaire des liquides, Besançon 1863. Sl 190.) Vgl. F 3, 159, 319. Dem dort beschriebenen Ver-

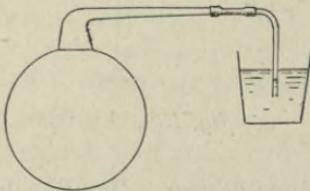


Fig. 141.

sich gibt Volkmann (V A 115) die in Fig. 141 a abgebildete Gestalt. Rosenberg (R 2, 68) steckt als Mundstück ein Hahnrohr in den Gummischlauch, der zum Aufblasen dient, und spannt auf dem Bildschirm mit Reißnägeln eine schwarze Schnur so aus, daß sie vor dem Herstellen der Blase die beiden Flüssigkeitskuppen berührt. Er erzeugt eine Blase von einigen Zentimetern Durchmesser und schließt den Hahn des Blaserohrs. Der beim Aufblasen beträchtliche Druckunterschied schwindet fast ganz. Rosenberg öffnet von Zeit zu Zeit den Hahn. Die Blase schrumpft ein; die Spannung wächst und ist am größten, wenn die Blase etwa erbsengroß geworden ist. Hat man zu viel Seifenlösung genommen, so sammelt sie sich unten an der Blase an und verlängert diese eiförmig. Das gefährdet das Gelingen des Versuchs. Man berührt daher die Unterseite der Blase mit einem reinen, gut mit Seifenwasser benetzten Glasstab und nimmt den Überschuß der Lösung weg.

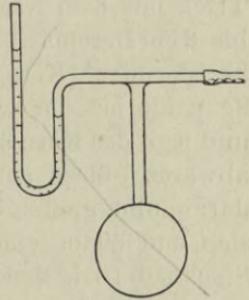


Fig. 141 a.

b) Verbinde die Enden einer T-Röhre (Fig. 142), deren aufrechter Schenkel (Blaseröhre) nahezu zugeschmolzen ist, mit einer gebogenen Glasröhre B und mit einem Holtzschen Spannungsmesser C (vgl. § 29 Nr. 515). Blase eine kleine Seifenblase an die gekrümmte Glas-

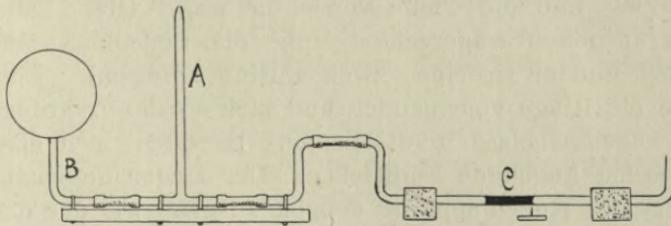


Fig. 142.

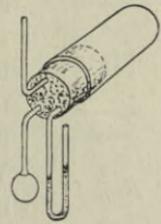


Fig. 143.

röhre, sperre das Blaseröhrchen mit Kautschukschlauch und Quetschhahn oder mit der Zunge gegen die Außenluft ab, verbinde den Spannungsmesser mit der Seifenblase und miß deren Spannung. Bei dem Ausführen des Versuchs kehrt man die Mündung des Röhrchens B nach unten.

c) Stelle die in Fig. 143 dargestellte einfache Vorrichtung zusammen aus einem etwas weiten, kurzen und dickwandigen Prüfläschchen, aus einem Kork und aus drei zweckmäßig gebogenen Glasröhrchen. Stecke an die obere Glasröhre (Blaseröhre) einen Gummischlauch, der mit einem Quetschhahn versehen ist, und fülle die Röhre des Spannungsmessers mit Weingeist, der mit einer Spur Fuchsin leicht rosarot gefärbt worden ist. Das Prüfläschchen klemmt man in die Klammer eines Gestells ein. Der Druck ist nur bei einer erbsengroßen Blase erheblich; er wird fast unmerklich, sobald die Blase etwas größer wird. (K. Rosenberg,

Vierteljahrsber. d. Wiener Ver. zur Förd. d. phys. u. chem. Unterr. 10, 71; 1905.)

**200.** Die sich öffnende und schließende Blume. Wickle von einer Schokoladentafel die Zinnblatthülle ab und glätte sie auf dem Tisch mit dem Nagel. Zeichne auf das Zinnblatt einen Kreis von 6 bis 8 cm Durchmesser und dahinein eine sechsblättrige Rose mit einem kreisförmigen Kern, dessen Durchmesser gleich dem eines Korks ist. Schneide mit der Schere die Rose aus, befeuchte sie mit Seifenwasser und lege den Kern auf den Kork. Die Rosenblätter klappen ringsherum abwärts. Blase auf die Mitte der Rose eine Seifenblase. Sie haftet daran und gleitet beim Wachsen die Blätter entlang. Diese heben sich und bilden eine Blumenkrone. Statt eines Korks darf man eine Stecknadel mit dickem Knopf benutzen und durch die Mitte der Rose stecken. Auch ein durch einen Kork geführter Messingdraht kann der Rose als Stütze dienen. Stecke das sorgfältig befeuchtete Ende der Blaseröhre in die Seifenblase und sauge etwas Luft heraus. Die Blätter nähern sich, und die Blume schließt sich. (T T 3, 143.)

**201. a)** Stelle zwei gleich große Drahringe her und versieh den einen mit drei Füßchen (Fig. 144) und den andern mit einem Stiel. Feuchte beide Ringe mit Seifenlösung an, halte den einen senkrecht über den andern und blase zwischen beide mit einer Tonpfeife eine Seifenblase. Sie legt sich an beide Ringe an. Zieh nun die Pfeife vorsichtig weg. (Man kann auch an einen wagerechten Ring die Seifenblase anhängen und an sie einen zweiten Ring anlegen.) Entferne die Ringe voneinander und zieh so die ursprünglich kugelige Blase in die Länge. Es bildet sich eine Walze mit kugeligen Endflächen. Der Krümmungshalbmesser der Kugelkappe ist doppelt so groß wie der der Walze, der gleich dem Halbmesser des Ringes ist. Schneide aus einem rechtwinkligen Stück Pappe einen Halbkreis heraus, dessen Durchmesser doppelt so groß als der der Drahringe ist und mit der

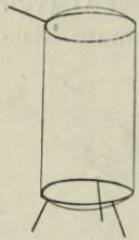


Fig. 144.

Längskante der Pappe zusammenfällt. Halte die Pappform an die Kugelkappe. Entferne die Ringe noch weiter voneinander. Die Seitenwand schnürt sich ein und zerreißt, sobald die Länge des Zylindroids gleich dem Umfange des Ringes wird (Fig. 145). Es bilden sich zwei verschieden große Blasen und haften an den Ringen. (W V 25. W D 169.)

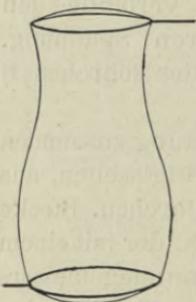


Fig. 145.

**b)** Bringe beide Ringe ziemlich nahe aneinander und blase eine Seifenblase dazwischen. Sie legt sich an beide

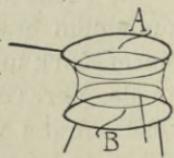


Fig. 146.

an. Sauge nun Luft aus der Pfeife, ziehe diese ab und zerstöre mit einem heißen Drahte die beiden ebenen Häutchen A und B (Fig. 146).

Es entsteht ein Katenoid, eine Umdrehungsfläche, deren Achsenschnitt eine Kettenlinie ist (W V 26). Volkmann (V A 115) benutzt den in Fig. 146a abgebildeten Drahtrahmen. Die beiden zugelöteten Kreisinge haben 5 bis 10 cm Durchmesser und einen ebenso großen Abstand.

c) Erzeuge in zwei getrennten Ringen Seifenhäutchen, bringe sie zur Berührung und ziehe sie dann auseinander. Die Häutchen haften in der Mitte mit einer kreisförmigen Scheibe aneinander. Zerstöre diese Scheibe mit einem heißen Draht (Fig. 147). Es entsteht ein Katenoid. (Sl 201.)

**202.** Befestige einen Draht oder ein Streichholz so an einem Bleistück, daß der Stab in einer Schale mit Seifenlösung aufrecht steht und ~ 1,2 cm herausragt. Halte

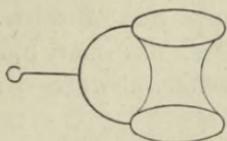


Fig. 146a.

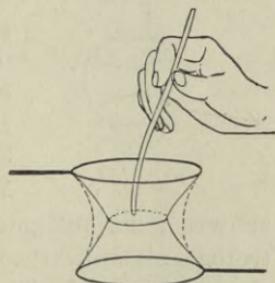


Fig. 147.

mit einer Hand eine mit Seifenwasser befeuchtete Glasscheibe auf den Stab und blase in der Lösung eine Seifenblase an den Stab. Sobald die Seifenblase die Glasscheibe berührt, verwandelt sie sich in eine Walze, die die Scheibe in einem Kreise berührt. Neige die Scheibe ganz allmählich. Die Seifenblase wandert nach der tiefsten Stelle, zieht sich vom Streichholz weg und bildet eine Nodoidschleife, die ganz genau gestaltet ist, wenn das Streichholz oder das Drahtstück so gebogen ist, daß es auf der Oberfläche der Seifenlösung und auf der Glasscheibe senkrecht steht. (B S B 76.)

**203.** Saug mit der Pfeife etwas Luft aus einer Seifenblase, die du an einem Ring aufgehängt hast. Es entsteht eine bikonvexe Linse (Fig. 148). (Sl 199.)



Fig. 148.

**204.** Erzeuge in einem Ring ein Seifenhäutchen, blase mit einer Pfeife eine kleine

Blase, die die Mitte des Häutchens berührt und dort haftet. Laß das Mundstück der Pfeife offen und entferne oder nähere vorsichtig dem



Fig. 149.

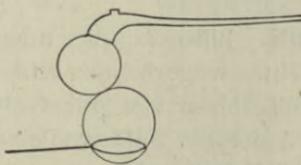


Fig. 150.

Ringe die Pfeife. Es entsteht ein hut- oder pilzförmiges Gebilde (Fig. 149). (Sl 200.)

**205.** Blase ein Paar Seifenblasen und stoße sie nicht zu heftig gegeneinander (Fig. 150). Sie bleiben getrennt und vereinigen sich nicht, wenn die Berührung nicht gerade an einer Hervorragung statt-

findet, wie an dem Drahring oder an einem Flüssigkeitstropfen. (B S B 124, 165).

**206.** Lege eine Seifenblase auf einen mit Seifenlösung befeuchteten Ring, der etwas kleiner als die Blase ist. Erzeuge auf einem Ringe, den du in der Hand hältst, eine Seifenblase und zerstöre sie auf der einen Seite. Es entsteht in dem Ring ein ebenes Häutchen. Drücke behutsam mit dem Häutchen auf die Seifenblase und dränge sie durch den festen Ring hindurch auf die andere Seite (Fig. 151). Dabei berühren sich Häutchen und Blase in Wirklichkeit nicht. Schiebe die Blase mehrmals auf- und abwärts. Wegen des Flüssigkeitströpfchens, das man nur schwer ganz entfernen kann, ist es leichter, die Blase abwärts zu treiben als aufwärts. (B S B 124, 166).

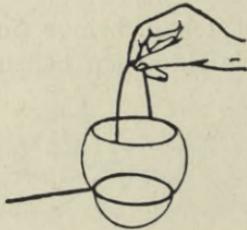


Fig. 151.

**206\*.** Stelle mit Rauch gefüllte große Seifenblasen her und treibe sie mit dem Rockärmel empor. Laß eine solche Blase auf ein ausgebreitetes Stück Samt fallen. Sie springt zunächst empor und bleibt dann auf dem Samt stehen. (R. Danneberg, Z 23, 41; 1910.)

**207.** Für Versuche mit innern Seifenblasen ist eine Tonpfeife ungeeignet. Am besten ist eine Glasröhre, die an der Mündung 8 mm weit ist. Hat man die Röhre am Ende rechtwinklig umgebogen, so rinnt nach einiger Zeit die in der Röhre verdichtete Feuchtigkeit abwärts und zerstört die Seifenblasen. Boys benutzte daher die in Fig. 152 A in halber Größe dargestellte Vorrichtung. Kann man nicht Glas blasen, so stellt man mit Korken eine Röhre nebst Wasser-sack (Fig. 152 B) her. Sie ist ebenso gut, nur nicht so schmuck und handlich. (B S B 165.)

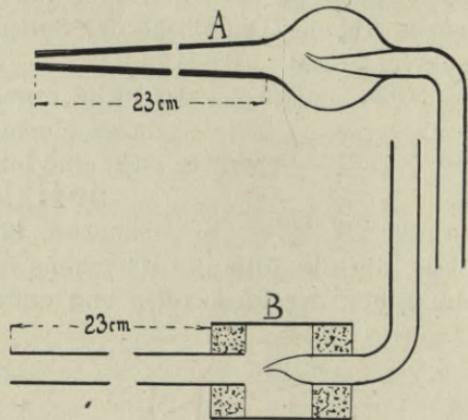


Fig. 152.

**208.** Blase an die untere Seite eines wagerechten Ringes eine Seifenblase von der Größe einer Apfelsine. Hänge einen leichten Metallring daran und ziehe sie dadurch aus. Aluminiumringe sind kaum schwer genug; man muß also entweder ein schwereres Metall verwenden oder an den Handgriff des Ringes noch ein kleines Gewicht hängen. Der Ring soll so schwer sein, daß die Wand der Blase da, wo sie den Ring trifft, mit der Lotrechten einen Winkel von 30° bis 40° bildet. Führe das mit Seifenlösung befeuchtete Ende des Blaserohrs durch den oberen Teil der Blase ~ 1,2 cm tief ein und

blase dort eine zweite Seifenblase. Es ist gefährlich, das Rohr langsam zu entfernen, weil dabei die innere Blase so weit emporgehoben wird, daß sie das Rohr an derselben Stelle wie die äußere Blase trifft, wobei ein wirkliches Berühren beider Blasen eintritt. Eine etwas rasche, doch nicht zu heftige Bewegung oder ein schwacher Ruck ist erforderlich. Halte mit der andern Hand den untern Ring fest und führe das Rohr hindurch, bis es die innere Blase berührt, und befreie so beide Blasen gleichzeitig von den Flüssigkeitstropfen.



Fig. 153.

Sorge dafür, daß dabei die innere Blase keinen der beiden Ringe berührt und das Rohr die äußere Blase an einer Stelle durchbricht, wo beide Blasen einander sehr nahe liegen. Zieh den untern Ring abwärts und gib so der innern Blase die Gestalt eines Eies (Fig. 153). Bewege den Ring ein klein wenig abwärts, neige ihn dann zur Seite und ziehe ihn ab, doch hebe ihn dabei etwas, damit die Blasen den letzten Ruck aushalten können, der den Ring freimacht. Beide Blasen sind nun kugelförmig (Fig. 154). Saug

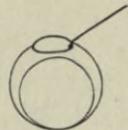


Fig. 154.

aus der äußern Blase Luft heraus, bis man zwischen beiden Blasen kaum noch hindurchsehen kann. Blase Luft in die äußere Blase. Die innere Blase dreht sich inmitten der großen rundum. Zerstöre die äußere Blase. Die innere fliegt weg. (Sl 198. B S B 124, 166).

**209.** Gieße in eine Schale Seifenlösung und färbe sie mit Fluorescein oder besser mit Uranin (3 mm einer Messerspitze voll auf ein Weinglas mit Seifenlösung; nimmt man mehr, so ist das Schillern schwächer und verschwindet bald). Stelle wie in Versuch Nr. 208 eine Blase mit farblosem Seifenwasser her und in ihrem Innern eine Blase mit dem gefärbten Wasser. Wirf mit einer Linse Sonnenlicht unmittelbar auf die Blasen. Die innere schillert grün, während die äußere ihre frühere Farbe beibehält. Dies zeigt, daß zwischen beiden Blasen eine dünne Luftschicht vorhanden ist. (B S B 127, 168).

**210. a)** Lege um eine Flasche einen Eisendraht und drehe seine Enden zu einem Stiel mit Handgriff zusammen. Stelle ebenso einen zweiten Ring von gleichem Durchmesser her. Befeuchte beide mit Seifenlösung und erzeuge eine Blase, die beide von einem Gehilfen wagerecht übereinander gehaltenen Ringe berührt. Laß den Gehilfen die Ringe langsam voneinander entfernen und so die Kugel zu einer Walze ausziehen. Sobald sich der Mantel einzuschüren beginnt, muß der Gehilfe mit dem Ausziehen aufhören. Befeuchte das Blaserohr von neuem mit Seifenlösung, stecke seine Mündung durch das Häutchen des obern Ringes und blase recht langsam im Innern der Walze eine Kugel. Die Walze baucht sich allmählich aus, und die Kugel nähert sich mehr und mehr ihrem Mantel. Löse, sobald sich beide berühren, die Kugel durch einen schwachen Stoß gegen das

Blaserohr ab, ziehe dieses vorsichtig heraus und entferne die Ringe voneinander. Die Walze wird länger und dünner und verdrückt die Kugel im Innern zu einem Ei. Nähere die Ringe einander. Die Walze wird weiter, die Kugel fällt auf das untere Häutchen, und Kugel und Walze zerplatzen.

b) Blase wie vorher mit beiden Ringen eine lotrechte Walze, deren Länge kleiner als der Umfang der Ringe ist. Laß einen Gehilfen beide Ringe halten und die Walze so drehen, daß ihre Achse

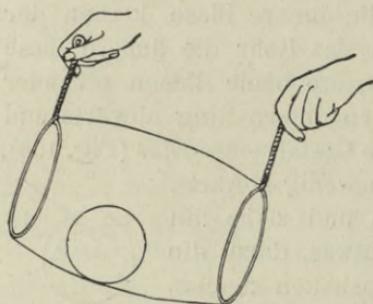


Fig. 155.

wagerecht liegt und die Ringe lotrecht stehen. Führe die Mündung des Blaserohrs durch den Walzenmantel, blase eine kleine Kugel und löse sie durch einen schwachen Stoß gegen das Rohr davon los. Die Kugel lagert sich sanft auf den Walzenmantel, ohne ihn zu zerstören. Laß den Gehilfen die Walze ein wenig neigen, wie es die Fig. 155 zeigt. Die kleine Kugel rollt im Innern der Walze am Mantel entlang und zeigt,

daß sie den Walzenmantel nicht wirklich berührt, sondern daß zwischen beiden eine dünne Luftschicht liegt. (T T 3, 151 und 153.)

**211.** Verbinde den einen Schenkel eines gläsernen T-Stücks mit dem Blaserohr (vgl. S. 104 Nr. 207) durch einen kurzen Gummischlauch und den lotrechten Schenkel mit der Gasleitung durch einen innen 3 mm weiten Gummischlauch, der so lang ist, daß er auf dem Boden liegt. Den Gaszufluß schneidet man ab, indem man den Schlauch mit der linken Hand zudrückt, falls diese frei ist, oder indem man mit dem Fuß darauf tritt, falls beide Hände beschäftigt sind. Durch den dritten Schenkel der T-Röhre bläst man Luft ein oder verschließt ihn mit der Zunge, wenn nur Gas erforderlich ist. Dieses Ende des T-Stücks erweitert man, damit man es bequem und sicher mit den Zähnen festhalten kann. (Vgl. F 1, 18 § 8, 8). Hat man kein T-Stück und keinen so langen Gummischlauch, so nimmt man das Blaserohr aus dem Munde, zieht den Schlauch darüber und bläst statt Luft Leuchtgas ein. Dies erschwert zwar die Ausführung der Versuche, macht sie aber nicht unmöglich, abgesehen von dem Versuch mit den drei Blasen (S. 107 Nr. 213).

a) Blase mit Leuchtgas eine Seifenblase und laß sie los. Sie steigt bis zur Decke empor.

b) Blase mit Leuchtgas eine Seifenblase oben auf einen wagerechten Ring. Sie hat die Gestalt eines umgekehrten Tropfens (Fig. 156). Laß mehr Gas einströmen, bis die Blase zerreißt.

c) Lege eine mit Luft gefüllte Seifenblase auf einen wagerechten Ring. Führe das Blaserohr in dem höchsten Punkte der Blase ein und blase im Innern mit einer Mischung von Luft und Leuchtgas

eine zweite Blase. Sie strebt emporzusteigen. Drehe daher das Blaserohr so, daß die innere Blase nicht daran emporkriecht und die äußere Blase nicht an der Stelle berührt, wo das Blaserohr hindurchgeführt worden ist. Zieh das Blaserohr heraus. Die innere Blase legt sich gegen den obern Teil der äußern Blase und zieht sie nach oben aus (Fig. 157).

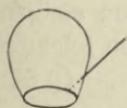


Fig. 156.

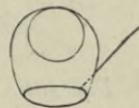


Fig. 157.

d) Führe das Blaserohr in die äußere Blase ein. Es bildet sich über seiner Öffnung ein kleines Häutchen. Zerstore dies durch kurzes Ansaugen und laß dann erst ein wenig Leuchtgas in die äußere Blase einströmen, bis das Gasgemisch in beiden Blasen gleich dicht ist. Die innere Blase wandert in die Mitte der äußern. Zerstore die äußere Blase. Die innere steigt rasch an die Decke. (B S B 127, 169).

**212.** Blase mit Luft eine Seifenblase auf einen leichten Ring von gut 5 cm Durchmesser, woran mit einem 1 m langen Baumwollfaden ein Stück Papier oder Watte befestigt worden ist. Halte den Ring mit der linken Hand und blase mit Leuchtgas in dem Innern der Blase eine zweite, regle dabei den Gaszufluß mit dem Fuß oder durch einen Gehilfen. Die Leuchtgasblase drückt gegen die Luftblase und hebt sie nebst der Belastung empor, obgleich sich beide Blasen nicht berühren. (Fig. 158). Halte das Papier fest und reiß mit einem geschickten Ruck den Ring ab. Das Blasenpaar steigt empor. Man kann den Versuch auch mit einem großen festen Ring anstellen; hierbei neigt man den Ring und läßt die äußere Blase sich losreißen, oder man hält die Öffnung des Blaserohrs an den Ring und bläst eine dritte Blase, die den Ring und die äußere Blase wirklich berührt und so das Ablösen unterstützt. (B S B 129, 171.)

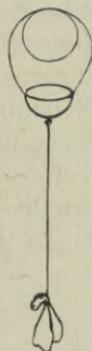


Fig. 158.

**213.** Blase mit Luft auf einen Ring eine Seifenblase (A), die so groß wie eine Apfelsine ist. Befeuchte mit Seifenlösung einen 2,5 cm weiten Ring, woran lotrecht zu seiner Ebene ein gerader Draht als Handgriff gelötet ist, und führe den Ring behutsam von unten her waagrecht durch den festen Ring in das Innere der Blase. Tauche das Blaserohr in die Seifenlösung, führe es so in die Blase A ein, daß es den kleinen Ring ganz dicht berührt, und blase mit Luft die Blase B an den Ring. Zieh das Blaserohr heraus, tauche es von neuem in die Seifenlösung und führe es in die innere Blase B ein. Sorge dafür, daß sich dabei A und B nirgends berühren. Blase nun mit Leuchtgas eine große Blase C, die beim Aufblähen den obern Teil von B berühren darf; auch B darf sich nun an den obern Teil von A legen. Entferne durch langsames Senken das Blaserohr aus C und laß in B ein wenig Gas einströmen. Zieh nun den kleinen Ring von B ab und entferne ihn ganz. Nimm, falls dabei Schwierig-

keiten entstehen, das Blaserohr aus B heraus und blase in A Luft hinein. Entferne schließlich das Blaserohr aus A. Die drei Blasen liegen nun ineinander (Fig. 159). Blase, wie in Nr. 212 beschrieben worden ist, eine vierte Blase gegen den festen Ring. A löst sich davon ab, und alle drei Blasen steigen empor. Beim Ablösen kann man A noch auf einen leichten Ring übertragen, woran Papier u. dgl. hängt. (B S B 129, 172).

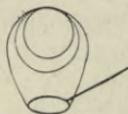


Fig. 159.

**214.** Gieß etwas Seifenlösung in eine Untertasse und stelle aufrecht auf deren Mitte einen Kork. Lege ein Fünfmärkstück darauf, siegle auf diesen eine kleine Porzellanpuppe und befestige auf ihrem Kopf mit einem Tropfen Siegelack eine kleine Kartonscheibe von  $\sim 1$  cm Durchmesser (Fig. 160). Befeuchte gut mit Seifenlösung den Rand der Untertasse, den Kork, die Münze, die Puppe und die Scheibe. Setze die Untertasse auf ein Stengelglas, befeuchte gut mit der Seifenlösung den Blasetrichter (vgl. S. 97 Nr. 194), halte ihn lotrecht über den Kopf der Puppe und blase eine Seifenblase von  $\sim 15$  bis 20 cm Durchmesser. Befeuchte mit Seifenlösung eine Messingröhre fast in ihrer ganzen Länge, führe das eine Ende in die große Seifenblase ein, sauge etwas Seifenlösung aus der Untertasse und blase über dem Kopf der Puppe eine Kugel von  $\sim 8$  cm Durchmesser. Ziehe die Röhre vorsichtig heraus, befeuchte sie von neuem mit Seifenwasser, durchstoße mit ihrem einen Ende beide Seifenblasen und blase auf die Scheibe eine kleine Kugel von  $\sim 2$  bis 3 cm Durchmesser (T T 3, 139.)

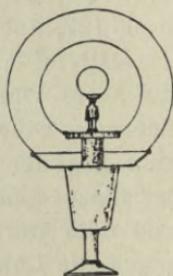


Fig. 160.

**215.** Quecksilberschaum. a) Gieße in ein Glas Quecksilber und darauf eine 2,5 cm hohe Schicht Wasser. Schütte aus  $\sim 15$  cm Höhe Quecksilber in das Gefäß. Es bilden sich im Wasser an der Quecksilberoberfläche Wasserblasen, die eine Quecksilberhaut umhüllt.

b) Fülle eine Saugröhre mit Wasser, halte die Öffnung unter den Quecksilberspiegel und blase das Wasser aus der Röhre hinaus. Es bildet sich ebenfalls Quecksilberschaum. (SI 181.)

**216.** Hohle Quecksilberkugeln. Fülle ein Becherglas von  $\sim 2000$  cm<sup>3</sup> Inhalt 5 cm hoch mit Quecksilber und richte einen kräftigen Wasserstrahl gegen die Oberfläche des Quecksilbers. Es bilden sich große mit Luft gefüllte Quecksilberblasen, sie bewegen sich langsam und halten sich 15 bis 20 Minuten lang. (L N 302; 1886.)

## § 17. Berührung von Flüssigkeiten mit festen Körpern und mit Flüssigkeiten.

## 1. Anhaftung.

(Adhäsion.)

**217.** a) Tauche in reines Quecksilber einen Finger, einen eisernen Stab oder Schlüssel, einen Glasstab, eine Siegellackstange, einen Bleistift oder dgl. und ziehe sie wieder heraus. Es bleibt nichts daran haften.

b) Gieße das Quecksilber aus dem Gefäß. Dies ist trocken.

**218.** a) Gieße in ein Prüfröhrchen (ein Glas oder eine Tasse) etwas Öl und in ein anderes etwas reines Quecksilber. Tauche in das Öl und in das Quecksilber je einen Holz- oder Glasstab. Nach dem Herausziehen ist der eine mit einer Ölschicht bedeckt, an dem andern aber haftet nicht ein Tropfen Quecksilber. Entleere beide Prüfröhrchen. Das eine ist fettig geworden, das andere aber klar geblieben.

b) Wäge einen innen und außen trocknen Kolben genau ab, gieß Wasser hinein und dann wieder heraus und wiederhole die Wägung.

**219.** Gieß Wasser in zwei Gläser (Tassen), tauche in das eine einen Holzstab und in das andere ein Stück Wachs oder eine Kerze. Beim Herausziehen bemerkt man, daß das Wasser zwar das Holz, doch nicht das Wachs oder die Kerze benetzt hat.

**220.** a) Tauche einen Finger in Wasser. Er wird naß.

b) Bestäube den Finger mit Bärlappsamen und tauche ihn in Wasser. Er bleibt trocken.

**221.** a) Gieß aus schwach geneigten Gläsern Wasser und Quecksilber aus. Das Wasser fließt an der Außenwand hinab, das Quecksilber nicht.

b) Fette den Rand eines Tintenfassers ein und gieß etwas Tinte aus. Sie fließt nicht an der Flasche hinab.

c) Wiederhole Versuch Nr. 137 auf S. 71.

**222.** a) Spritze auf eine reine Glasplatte einige Tropfen reines Wasser. Sie breiten sich aus.

b) Laß auf die Glasplatte einen Tropfen Quecksilber fallen. Er bleibt eine Kugel.

c) Bringe auf ein Stück Blattsinn oder auf eine mit verdünnter Schwefelsäure gereinigte Zinkplatte oder auf eine mit Salpetersäure geputzte Kupferplatte einen Tropfen Quecksilber. Er zerfließt.

d) Wiederhole Versuch Nr. 129 auf S. 66.

**222\*.** a) Verkittete zwei Glasplatten mit Siegellack. Die dünnste Luftschicht verhindert eine innige Verbindung.

b) Löte zwei Streifen Messingblech zusammen. Die dünnste Oxydschicht verhindert eine innige Verbindung.

**222\*\*.** a) Hänge die in Nr. 106b (S. 59) beschriebene, gut gesäuberte Glasplatte an die Wage und bestimme die Zugkraft, die eben nötig ist, um Glas von reinem Quecksilber abzureißen.

b) Kitte einen Kork mit Haken mitten auf eine Glasplatte, hänge sie wagerecht an eine Wage und gleiche sie ab. Stelle eine flache Schale mit Quecksilber dicht unter die Platte, drücke diese auf das Quecksilber und bestimme die Zugkraft, die sie wieder abreißt. (M T 52.)

## 2. Flüssigkeiten in engen Gefäßen.

**223.** a) Stelle eine Glasscheibe oder einen Glasstab in Wasser (Weingeist, Äther, Benzin, Steinöl, Öl). Dies steigt an der Wand und an der Scheibe oder dem Stab etwas empor.

b) Wiederhole den Versuch mit Quecksilber.

c) Stelle einen Kupferdraht in Quecksilber.

d) Fülle in einen Bildwurfrog (F 3, 153, 302 u. S. 388) Wasser und in einen andern Quecksilber und zeige im Wurfgebilde die Erhebung des Wassers und die Senkung des Quecksilbers an den Gefäßwänden. (R 2, 74.)

**224.** a) Gieße in ein Trinkglas mit ebenem Rande so viel Wasser, daß sich die Oberfläche nach oben wölbt.

b) Fülle ein Trinkglas mit ebenem Rande so weit mit Wasser, daß dessen Oberfläche am Rande eine Hohlkehle bildet. Laß behutsam eine Reihe Fünfmarkstücke oder Zehnpfennigstücke einzeln hineingleiten. Die Wasseroberfläche wölbt sich immer mehr nach oben, ohne daß Wasser überfließt. (T 75.)

c) Gieß ein Glas mit trockenem oder eingefettetem Rand übervoll. Lege auf die Kuppe (Fig. 160a) eine Korkscheibe und darauf eine Magnetnadel. Der unbenetzte Rand des Glases stößt den benetzten Rand des Korks ab, und die Magnetnadel stellt sich wie eine Kompaßnadel achsenrecht ein. In einem nicht vollen Glas dagegen wandert der Kork sofort an den Rand. (M T 113.)

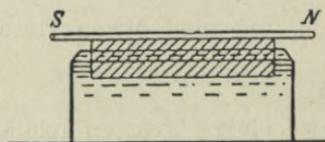


Fig. 160 a.

**225.** a) Schleife eine Glasröhre von 0,2 cm lichter Weite an dem einen Ende gut eben und biege sie in die Gestalt eines U mit

ungleich langen Schenkeln derart, daß das abgeschliffene Ende die Mündung des kurzen Schenkels bildet. Fülle in die äußerst sorgfältig gereinigte Röhre (vgl. F 1, 15 § 8, 5 und 31 § 17) so viel Weingeist, daß der kurze Schenkel nicht ganz gefüllt wird. Der Weingeist steht in beiden Schenkeln gleich hoch. Tropfe mit einem spitz ausgezogenen Glasstabe kleine Mengen Weingeist in den kurzen Schenkel. Der Flüssigkeitsspiegel in dem langen Schenkel steigt und stellt sich höher als in dem kurzen Schenkel, sobald darin der Weingeist den Rand erreicht hat. Tropfe weiter Weingeist in den kurzen Schenkel. Die Flüssigkeitsoberfläche darin wird flacher, dann eben und wölbt sich schließlich nach oben, der Höhenunterschied aber wird immer größer. Nimm mit einem Streifen Fließpapier Weingeist an der Mündung des kurzen

Schenkels nach und nach weg. Die Erscheinungen verlaufen nun in umgekehrter Reihenfolge. Die Höhenunterschiede sind zwar bei Wasser größer als bei Weingeist, doch ist dieser vorzuziehen, weil er die Röhre sicherer benetzt. (WD 170.) F. C. G. Müller (MT 112) gibt der U-Röhre die in Fig. 160b abgebildete Gestalt und Größe und zeigt die Kuppe auf dem kurzen Schenkel durch Bildwurf.

b) Nimm zwei Glasröhrchen R und R' von  $\sim 0,7$  cm lichter Weite und 12 cm Länge. Zieh R' an zwei Stellen so aus, daß es die in Fig. 161 abgebildete Gestalt annimmt und der obere Teil o eine kleinere innere Weite als der untere Teil u erhält. Es ist zweckmäßig, o oben ein klein wenig trichterförmig zu erweitern. Verbinde die untern Enden von R und R' durch einen Gummischlauch G.

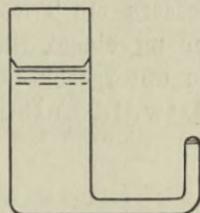


Fig. 160 b.

a) Gieße in die verbundenen Gefäße Wasser, entferne die Luftblasen und halte die Röhren so wie in der Abbildung. Bei gleicher innerer Weite steht das Wasser in beiden Röhren gleich hoch.

$\beta$ ) Hebe R' oder senke R. Das Wasser erreicht in R den obern Rand; das vorher hohle Häutchen wird eben und wölbt sich bei weiterm Heben von R' nach außen. Das Wasser steht bei zwei Röhren von gleicher innerer Weite da tiefer, wo sich das nach außen gewölbte Häutchen gebildet hat, also in R tiefer als in R'.

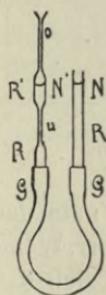


Fig. 161.

$\gamma$ ) Bringe die Röhren in die Anfangsstellung (Fig. 161) zurück und hebe R. Das Wasser dringt in den engen Teil o ein und steht hier höher als in R.

$\delta$ ) Hebe jetzt R langsam. Das Wasser erreicht das obere Ende von o, und die Spiegel stellen sich in R und R' gleich hoch. Bei weiterm vorsichtigem Heben von R bildet sich am Ende von o eine Kuppe, und das Wasser steht in R beträchtlich höher als in o. Da die Krümmung der Kuppe am Ende von R jetzt stärker ist als früher, so ist der Höhenunterschied größer als vorher.

e) Senke R tiefer und verlege den Wasserspiegel in R' in das Stück u. Das Wasser steht in u höher als in R, doch nicht um so viel, wie im Stück o, das geringere Weite hat. Senke R so weit, daß die Flüssigkeit das obere Ende erreicht und hier nach außen eine Kuppe bildet. Der Höhenunterschied in u und R wird größer. Läßt sich der Wasserspiegel nicht sofort wie angegeben einstellen, so gieße in R etwas Wasser zu oder entferne es daraus. (F. Melde, ZF 3, 196: 1886.)

**225\*.** a) Befestige an dem schwimmenden oder mit dem Drahte d gehaltenen Kork K (Fig. 161a) das Haarröhrchen r und miß daran die Steighöhe. Verbinde das Röhrchen dann durch ein Schlauchstück mit der U-Röhre s, benetze die Spitze von r mit Wasser und senke r in Wasser, wie die rechte Abbildung zeigt. Nach dem Aufhören

der Blasenbildung ist der Spiegelunterschied  $bc$  annähernd der Steighöhe gleich. Da ein schnelles Eindringen des Wassers in  $s$  den Höhenunterschied meistens zu klein macht, verenge man die Öffnung  $a$ .

b) Verbinde mit dem wagerechten Rohrende eines Wasserspannungsmessers ein T-Rohr (Fig. 161 b) und tauche den lotrechten Schenkel, der zu einem Haarröhrchen ausgezogen worden ist, ganz wenig in die untergeschobene Flüssigkeit. Das Haarröhrchen muß nach Jäger (Ostwald-Luther<sup>3</sup> 238) scharfrandig abgeschnitten sein. Einen solchen Bruch erhält man leicht, wenn man das Röhrchen auf einer Seite mit einem Schreibdiamanten leise vorritzt. Verbinde den dritten Schenkel des T-Rohrs durch einen Schlauch mit einem unten weitem Glasrohr  $g$  („Taucherglocke“ für die Röhrchentaucher Nr. 522 und Z 13, 249; 1900). Befestige  $g$  lotrecht verschiebbar in einer

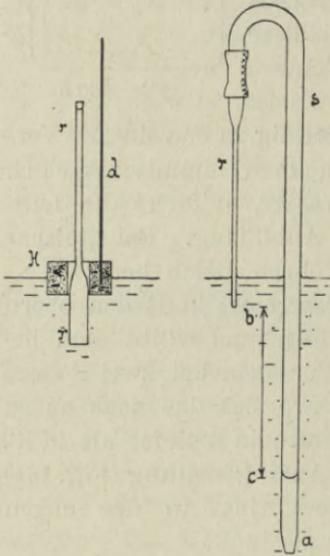


Fig. 161 a.

Gestellklemme, senke es in Wasser ein und erzeuge den Druck, bei dem sich Blasen bilden. Vorm Herausheben muß man den Schlauch schließen oder die Flüssigkeit vom Haarröhrchen ent-

fernen, damit es nicht bis oben hinauf benetzt wird. Taucht man das Haarröhrchen nacheinander in verschiedene Flüssigkeiten (Wasser, Weingeist, Äther) in einem kleinen Trog (Wägegölchen), so stellt sich das Wasser des Spannungsmessers jedesmal der Oberflächenspannung gemäß ein. Die beträchtlichen Unterschiede sind aus großen Entfernungen erkennbar. Klemme hinter das Haarröhrchen und hinter den Spannungsmesser Millimeterteilungen auf Bristol-Karton von C. Bube zu Hannover (1 Dutzend geteilte halbe Meter kosten 3 M.). (Rebenstorff, Z 19, 26, 1906.)

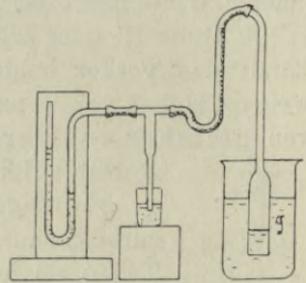


Fig. 161 b.

c) Zieh eine fingerlange Glasröhre zu einer feinen Spitze  $s$  aus und biege sie rechtwinklig um. Wärme die Röhre an und siegle sie auf einen Flaschenkork (Fig. 161 c). Schiebe über das weite Rohrende einen dünnen Schlauch und verbinde es mit einem dicken geraden Rohr  $r$ . Bringe unter die Rohrspitze  $s$  ein Gläschen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit und senke  $r$  langsam in ein Glas voll Wasser. Der allmählich zunehmende Druck drängt aus der Rohrspitze  $s$  die Flüssigkeit, die anfangs hineingestiegen war. Miß den Innendruck durch den Wasserstand in  $r$ . Bei der weitem Zunahme des Innen-

drucks steigt die Flüssigkeit in  $r$  höher. Bei der weitem Zunahme des Innen-

drucks bildet sich ein Bläschen an der Spitze. Tauche die Spitze erst in Wasser, dann in Weingeist und zuletzt in Äther und miß den zum Aufblähen des Bläschens erforderlichen Überdruck. (R P 2, 50).

**226.** Tauche eine ausgezogene Röhre in Wasser und hebe sie vorsichtig heraus. Es bleibt etwas Wasser in der Spitze hängen.

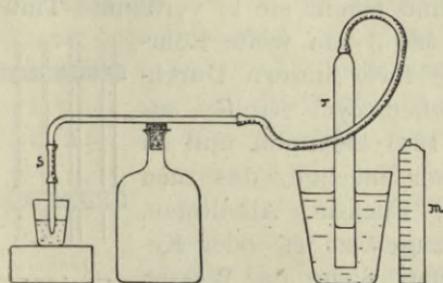
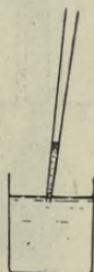


Fig. 161c.

Berühre diese mit einem Stück grauem Fließpapier und mache so das Wasser sichtbar.

**227. a)** Tauche das engere Ende einer kegelförmig ausgezogenen Glasröhre mehrmals in ein Gefäß mit Wasser. Bei jedem Herausziehen steigt die Wassersäule in



der Röhre höher empor, bis zuletzt ein höchster Punkt erreicht ist (Fig. 162). (Hs 61.) Zeige die Erscheinung im Wurfbilde. (F 3, 155, 307.)

b) Zieh ein Glasröhrchen aus, biege die Spitze zu einer Öse um und stecke das Röhrchen in ein kleines Brett (Fig. 162a). Zieh eine andere Glasröhre haardünn aus und schneide ein 4 bis 5 cm langes kegelförmiges Stück ab. Laß durch das lotrecht gehaltene Röhrchen ganz wenig reinen Alkohol hindurchfließen und sauge ihn an der engern, untern Öffnung mit Löschpapier ab. Befestige das Röhrchen mit etwas Picein wagerecht in dem kleinen Ständer und stelle es hinter die Beleuchtungslinse (F 3, 155, 312). Bringe mit einem Glasstab einen Tropfen gefärbten Weingeist an das weitere Rohrende. Er wandert gegen das engere Ende und, wenn das Röhrchen geneigt ist, sogar etwas aufwärts. (R 2, 75.)

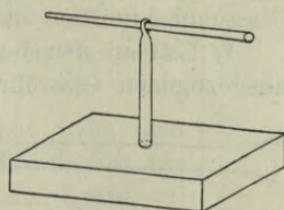


Fig. 162a.

**228. Haarröhrchen. a)** Tauche gut gereinigte abgebrochene Thermometerröhren in stark gefärbtes Wasser (Weingeist). Es steigt darin empor, und zwar um so höher, je enger die Röhren sind.

b) Wiederhole den Versuch mit Quecksilber, doch drücke dabei die Röhren (innere Weite 1 bis 3 mm) an die Gefäßwand, damit die Schüler die Erscheinung sehen können. Die Thermometerröhren sind wegen ihrer großen Wandstärke nicht empfehlenswert.

c) Ziehe die Mitten von 8 bis 10 cm langen sorgfältig gereinigten Glasröhren von 4 bis 6 mm innerer Weite in einer breiten Flamme zu engen 20 bis 60 cm oder noch besser zu  $\sim 180$  cm langen Röhrchen aus (vgl. F 1, 18 § 8, 9) und schneide vorsichtig mit der dreikantigen

Feile drei ~ 10 cm lange Stücke ab. Mache in eine kleine Kork-scheibe drei Löcher (vgl. F 1, 22 § 9), stecke die drei Röhrechen hindurch (Fig. 163) und tauche sie in eine flache Schale mit stark gefärbtem Wasser. (W V 145.) Zeige die Erscheinung im Wurf-bilde (F 3, 155, 307). — F. C. G. Müller (MT 113) kittet die Röhrechen, der Weite nach geordnet, mit Klebwachs auf eine Milchglasscheibe und taucht sie in verdünnte Tinte.

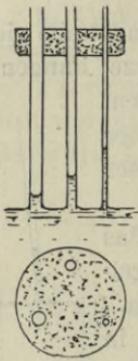


Fig. 163.

d) Man kann 0,5 bis 3 mm weite Röhrechen, nach der Größe ihrer innern Durchmesser geordnet, zwischen zwei Streifen aus Kork oder Torf (Fig. 164) klemmen und in eine Schale mit Wasser tauchen, das man mit Tinte, Cochenille, Fuchsin, Alkaliblauf, dem ein wenig Essig zugesetzt ist, oder Kettonblau stark gefärbt hat. Steigt das Wasser in einem Röhrechen nicht sofort, so sauge man

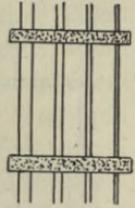


Fig. 164.

ganz wenig daran und benetze dadurch die Röhrenwand. (R 1, 92.)

e) Schneide einen Pappdeckel so zu, wie in Fig. 165 angegeben ist, mache in den mittlern Teil Löcher, wodurch die Röhrechen hindurchgehen, und biege dann die Enden so um, daß ein Gestell entsteht. Drehe den Deckel eines Kochtopfs um, setze das Gestell in die Höhlung, gieß etwas Wasser in den Deckel und stelle die Röhrechen in den Ständer. (BS 34 Nr. 24.) Statt des Deckels kann man eine Glasscheibe nehmen und einige Tropfen der Flüssigkeit darauf bringen.

f) Laß an den beiden weit gebliebenen Enden einer recht lang ausgezogenen Glasröhre (vgl. c) ein 6 bis 8 cm langes und 1,5 mm

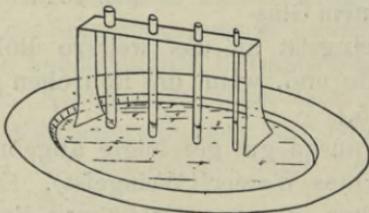
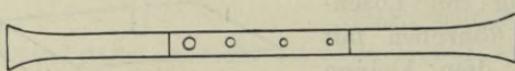


Fig. 165.

weites Stück der engen Röhre stehen und biege dieses über einem sehr kleinen Flämmchen in die in Fig. 166 abgebildete Gestalt. Kite das obere Ende des weitem Rohrstücks mit Piceïn oder Siegellack an eine Glasplatte und fülle mit einem klei-

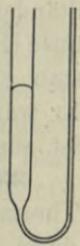


Fig. 166.

nen Papiertrichter oder mit einer ausgezogenen Glasröhre die eine U-Röhre mit stark gefärbtem Wasser oder Weingeist und die andere mit Quecksilber. (W V 145. R 1, 131.) — F. C. G. Müller (MT 113) kittet beide U-Röhren nebeneinander in die Nute eines Klötzchens. — Rosenberg (R 2, 74) biegt aus einem Streifen Messingblech zwei kleine federnde Klammern (Fig. 166a), befestigt damit je zwei U-Röhren mit verschieden weiten Haarschenkeln an einer Glasplatte, die in der Nut

eines schmalen Holzbrettchens steckt und mit einer schwarzen Papiermaske abgedeckt ist (Fig. 166 b), und zeigt die Erscheinung im Wurfbilde. Je zwei solche Röhren füllt er mit Quecksilber und verschließt beim Aufbewahren die weitem Schenkel durch kleine Pfropfen aus Filterpapier. Ein anderes Röhrenpaar füllt er mit gefärbtem Wasser oder Weingeist. Die Flüssigkeit färbt er nicht zu licht rosenrot mit einer Spur Fuchsin oder ziemlich hell mit Methylenblau, Aniligrün usw. Nach dem Gebrauch zieht er diese Röhren aus den Klammern heraus, wäscht sie zuerst mit verdünnter Schwefelsäure, dann mit Wasser und zuletzt mit Alkohol gut aus und trocknet sie durch starkes Durchblasen von Luft und durch Abreiben mit Löschpapier.

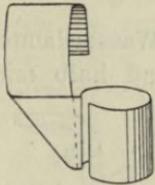


Fig. 166 a.

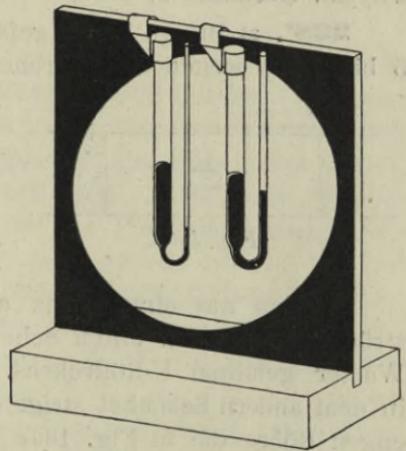


Fig. 166 b.

f\*) Gieße mit einem spitz ausgezogenen Trichterchen so lange Quecksilber in den langen weiten Schenkel (Fig. 166 c), bis aus der engen Spitze des kurzen Schenkels ein Tropfen austritt, und miß die Höhe der die Spitze überragenden Quecksilbersäule. (V A 116.)

g) Durchbohre die Wände zweier Flaschen nahe dem Boden, setze mit Kautschukschlauch zwei knieförmig gebogene enge Röhren ein und gieß in das eine Gefäß gefärbtes Wasser und in das andere Quecksilber. Mit den in (f) und (g) angegebenen Vorrichtungen kann man ähnliche Versuche wie mit den Vorrichtungen in Nr. 225 (auf S. 111) ausführen.

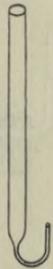


Fig. 166 c.

h) Alle Röhren sind gut zu reinigen (vgl. F 1, 15 § 8, 5 und 31 § 17), innen und außen zu trocknen, mit Wappropfen zu verschließen und in einer Schachtel staubsicher aufzubewahren. Haben die Röhren einige Zeit gelegen, so wird ihre Innenwand nicht mehr gut benetzt. Man muß dann vor dem Versuch erst die Flüssigkeit hindurchsaugen, um brauchbare Einstellungen zu erzielen. Rebenstorff (R P 1, 46) empfiehlt, ältere Röhren einen Tag lang in Salpetersäure zu legen, um die Glaswand völlig zu reinigen. Es ist jedoch zeitraubend und oft nicht möglich, gebrauchte Röhren so zu reinigen, daß sie wieder gut benetzt werden. Man stellt daher am besten die Versuche mit frisch ausgezogenen Glasröhren an.

i) Schiebe in eine innen 5 mm weite Glasröhre einen 3 mm dicken Glasstab und tauche beide sorgfältig achsenrecht in Wasser. Es steigt in dem ringförmigen Raum empor. Laplace. (Violle, Lehrb. d. Physik. Mechanik 2, 619.)

**228\*. a)** Bringe einen gefärbten Wasserfaden in die Mitte eines 5 bis 6 mm weiten Glasröhrchens, lege es wagrecht auf zwei Holzklötzchen und erwärme die eine Wasserkuppe mit einem Zündholz oder mit einer kleinen Weingeistlampe (Fig. 166d). Der Wasserfaden bewegt sich. (W. Holtz, Z 1, 75, 1887.) Zeige die Erscheinung im Wurfilde.

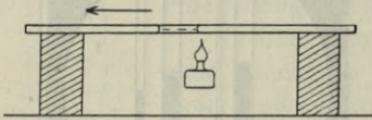


Fig. 166d.

b) Laß aus einer spitz ausgezogenen Glasröhre Wasserdampf strömen gegen den einen Schenkel eines gereinigten und halb mit Wasser gefüllten U-Röhrchens. Der Wasserstand in dem andern Schenkel steigt etwas. — Gib einer engen Röhre die in Fig. 166e abgebildete Gestalt und erwärme die Stelle a durch einen Dampfstrahl. Zeige die Erscheinung im Wurfild und lege die ursprüngliche Einstellung fest durch einen vor den Bildschirm gestellten Stab. (Rebenstorff, Z 17, 223, 1904.)



Fig. 166e.

c) Biege eine etwa handlange Glasröhre so, wie die Fig. 166f zeigt, und bringe einige Tropfen gefärbtes Wasser hinein. Befestige den wagerechten Teil der Röhre auf dem Kork einer Flasche und laß einen Dampfstrahl aus enger Öffnung gegen den lotrechten Rohrteil strömen. Hier sinkt das Wasser und steigt in dem schrägen Schenkel. Bei geringer Rohrweite ändert sich der Flüssigkeitsstand stark. (RP 2, 49.)

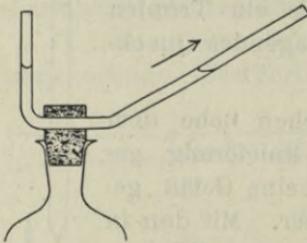


Fig. 166f.

**229. a)** Laß auf die Kuppe eines in Wasser eingetauchten Haarröhrchens eine Spur Weingeist laufen. Die Steighöhe erniedrigt sich sofort etwa auf die Hälfte.

b) Bringe außen auf den Wasserspiegel etwas Weingeist. Die Steighöhe ändert sich nicht. Statt Weingeist kann man auch Olivenöl oder Terpentinöl nehmen. (Quincke, Pogg. Ann. 139; 1870. F 3, 155, 307.)

**230. Anwendung auf die Senkwage. a)** Verschließ eine Glasröhre an einem Ende, beschwere sie mit Quecksilber und laß sie in reinem Wasser schwimmen. Verreibe etwas Öl auf einem Finger und tauche ihn ins Wasser. Die Röhre hebt sich sofort. Man muß sie tüchtig abreiben und mit Weingeist abwaschen, um in frischem Wasser die frühere Einstellung zu erhalten.

b) Bringe nahe bei der Röhre etwas Ätherdampf oder Seife aufs Wasser. Die Röhre steigt etwas aus dem Wasser empor. (Duclaux, Journal de physique 1, 197; 1872.) Vgl. S. 82 Nr. 162.

**231.** Aufsteigen zwischen gleichlaufenden Wänden. Kitte mit Siegelack auf zwei gegenüberliegende Ränder eines gut gereinigten Glasstreifens, der 7,5 cm lang und 2,5 cm breit ist, dünne Streifen Pappdeckel und darauf einen gleichgroßen Glasstreifen derart, daß die Platten dicht nebeneinander gleichlaufen. Nimm die zusammengesiegelten Ränder in die Hand, tauche das Plattenpaar einige Zeit in stark gefärbtes Wasser und hebe es dann so weit heraus, daß nur noch die untern Ränder eintauchen. Die Flüssigkeit steigt zwischen den Platten überall bis zu derselben Höhe empor. (Sir Isaac-Newton's Optik. Übers. v. W. Abendroth. Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissenschaft. Nr. 97 S. 136.)

**232.** Aufsteigen zwischen geneigten Platten. a) Reinige tüchtig mit heißem Wasser und Seife zwei Spiegelglasscheiben von 7,5 bis 12 cm im Geviert. Lege sie mit der einen Kante aufeinander und zwischen die gegenüberliegenden Kanten ein Streichholz und halte das Ganze mit einem übergestreiften Gummiring zusammen (Fig. 167). Tauche das Plattenpaar in eine Schale oder einen Teller mit blau gefärbtem Wasser. Dies kriecht an der Berührungskante

bis zum obern Ende empor, an den Stellen, die weiter voneinander abstehen jedoch bis zu geringern Höhen, so daß die Wasseroberfläche zwischen den Scheiben wie eine gleichseitige Hyperbel gekrümmt ist. (Taylor, a. a. O. BSB 26, 139.) — F. C. G. Müller (MT 113) läßt zwei Spiegelglasplatten von 10 cm im Geviert schneiden, schleift die Ränder mit Schmirgel sauber ab und stellt den keilförmigen Zwischenraum her mit einem schmalen

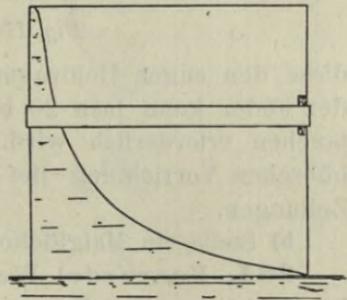


Fig. 167.

1 mm dicken Blechstreifen. Den Keil legt er flach in eine Schale mit verdünnter Tinte, füllt ihn so vollständig und richtet ihn dann auf. Da es schwer ist, die Platten so zu reinigen, daß sie Wasser gut annehmen, stellt Volkmann (VA 116) den Versuch mit verdünntem Weingeist an. Statt des Blechstreifens verwendet er einen kleinen Klotz mit Nute und statt des Gummiringes eine Lichtbildklammer. — Die Erscheinung zeigt man im Wurfбилde. (F 3, 155, 307.)

b) Bailey (BJ 40 Nr. 55) stellt aus einer reinen Glasscheibe und einer reinen Metallplatte (oder aus zwei Glasscheiben), einem Streichholz und zwei Kautschukbändern die in Fig. 168 abgebildete Vorrichtung zusammen, taucht sie in Wasser und stellt sie dann auf eine flache Schale mit Wasser.

c) Weinhold (W V 146) klemmt Platten aus recht ebenem Glas, die 4 bis 6 cm lang und 3 bis 4 cm breit sind, zwischen zwei zweck-

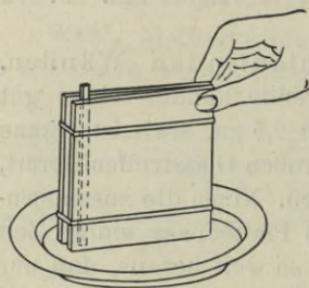


Fig. 168.

mäßig eingeschnittene Korkstückchen, deren Gestalt aus Fig. 169 zu ersehen ist, und stellt den Keil in ein flaches Schälchen oder auf ein ebenes Glasstück, worauf er mit einer Saugröhre oder mit einem Stäbchen einige Tropfen Weingeist bringt.

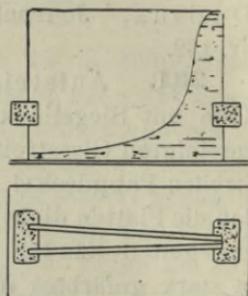


Fig. 169.

**233. a) Robinsons Füllfeder.** Nimm von einem Kiefernzweig einen Kurztrieb mit einem Nadelpaar, wie er in Fig. 170 A dargestellt ist. Binde beide Nadeln unweit der Spitze mit Garn zusammen (B). Stecke diese Feder so in ein Stück eines Flieder- oder Holunderzweiges oder, noch besser, in das Rohr einer Tonpfeife, daß die Spitze nur ~ 1 cm herausragt (C).

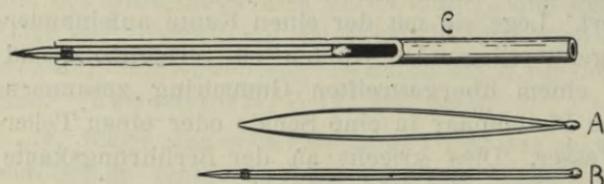


Fig. 170.

zweiges oder, noch besser, in das Rohr einer Tonpfeife, daß die Spitze nur ~ 1 cm herausragt (C).

Tauche die Feder so lange in Tinte, bis

diese den engen Hohlraum zwischen beiden Nadeln gefüllt hat. Mit der Feder kann man 20 bis 25 Zeilen schreiben, ehe ein neues Eintauchen erforderlich wird. (T T 1, 223.) Die Beschreibung dieser hübschen Vorrichtung lief im Herbst 1901 von neuem durch viele Zeitungen.

b) Stelle ein Maiglöckchen in rote Tinte.

**234. Haarnadel-Wasserrad.** Verbinde mit Wachs oder mit Drahtschleifen zwei Haarnadeln so miteinander, daß zwischen beiden eine hohle Rinne entsteht. Biege mit einer Zange die beiden Enden des Nadelpaars rechtwinklig zu seiner Ebene so um, daß das eine Ende auf dich zu- und das andere von dir weg-

gerichtet wird (Fig. 171). Stelle aufrecht in die Mitte eines Tellers einen Bleistift und setze rittlings auf seine Spitze das Nadelpaar. Gieße mit einem Löffel einige Tropfen Wasser auf die höchste Stelle der Nadeln. Das Wasser fließt die Rinnen hinab und strömt in zwei wagerechten Fäden in entgegengesetztem Sinn aus. Das Nadel-

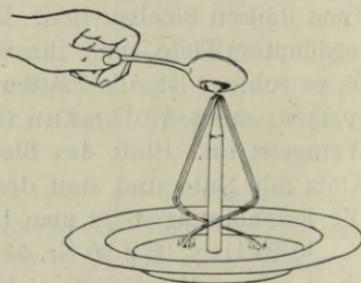


Fig. 171.

paar dreht sich. (T T 3, 117.)

**235.** Stülpe zwei Weingläser, deren Ränder gleich groß sind, mit den Rändern aufeinander und gieß langsam Wasser auf den nach oben gekehrten Fuß des obern Glases (Fig. 172). Das Wasser breitet sich darauf nach allen Seiten aus, tropft von seinem Rand auf die Wand des obern Glases nieder und sammelt sich im Innern des untern Glases. (C 1, 55 nach französischer Quelle.) Vgl. S. 137 Nr. 282.

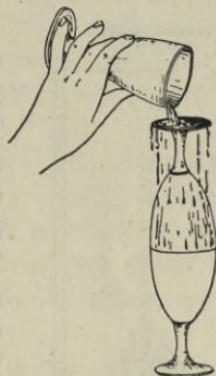


Fig. 172.

**236. a)** Fülle ein Weinglas mit ebenem Rande dreiviertel voll Wasser und lege auf die Öffnung ein Stück dickes Fließpapier und darauf eine ebene Glasplatte. Drücke mit beiden Händen die drei Gegenstände aneinander und kehre das Glas um. Das Fließpapier verschluckt einen Teil des Wassers. Es entsteht ein luftverdünnter Raum, und Glas und Platte haften fest aneinander. Bringe sie in die Stellung, die in Fig. 173 dargestellt ist.

**b)** Laß das Weinglas an der Glasplatte nach unten hängen.

**c)** Faß das Weinglas am Fuß und laß es die Glasplatte tragen.

**d)** Hänge an die Glasplatte mit einigen gebogenen Drähten eine weithalsige Flasche und gieß Wasser hinein (Fig. 174). Führe den Versuch über einem Behälter aus, worein man etwas Papier oder einige Tücher gelegt hat. Ein Weinglas von  $\sim 5$  cm Durchmesser verträgt eine Gesamtbelastung von 1 bis 1,5 kg\*.

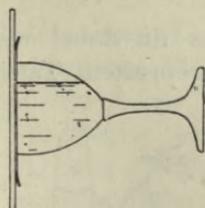


Fig. 173.

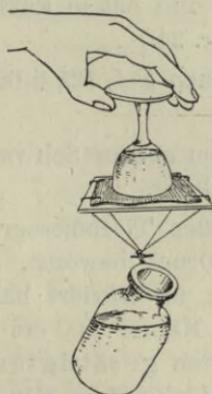


Fig. 174.

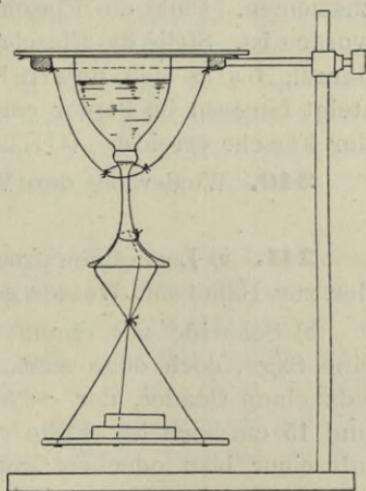


Fig. 175.

**e)** Hänge das Weinglas an dem Fließpapier und der Glasplatte auf, die auf einem Ringständer liegen (Fig. 175). Stelle aus Draht eine Auffangvorrichtung her, hänge an den Fuß des Weinglases eine Schale und belaste sie mit Gewichten. — (Sl 167.)

**237. a)** Lege auf das teilweise mit Wasser gefüllte Weinglas ein Stück dickes Fließpapier, kehre beides um und stelle es auf einen Porzellanteller. Der Luftdruck wölbt das Fließpapier  $\sim 0,6$  cm tief

ins Glas hinein. Kehre nach einer Stunde das Glas wieder um und stoß eine Nadel oder eine spitze Messerklinge durchs Papier.

b) Laß ein so behandeltes, jedoch nicht durchbohrtes Stück Fließpapier trocknen. Es behält die Wölbung bei. — (Sl 168.)

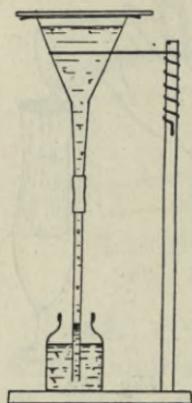


Fig. 176.

**238.** Verbinde einen Glastrichter mit einer Glasröhre von  $\sim 1,5$  mm lichter Weite, die in eine Flasche mit Quecksilber taucht. Der Rand des Trichters muß ganz eben sein (vgl. F 1, 12, § 8, 3) und genau wagerecht gelagert werden (Fig. 176). Gieß in den Trichter Wasser. Fließt dieses nicht in die enge Röhre, so hebe nur für einen Augenblick rasch den Trichter so weit empor, daß das untere Ende der Röhre aus dem Quecksilber herausschaut. Fülle den Trichter mit Wasser bis zum Überlaufen. Lege das Fließpapier und die Glasplatte auf den Trichter. Nach dem Aufsaugen des Wassers steht das Quecksilber in der Röhre  $\sim 3,8$  cm höher als in der Flasche. (Sl 170.)

**239.** Wickle eine Flasche in einen Streifen Fließpapier, der so breit wie die Flasche hoch ist, und klebe seine Ränder mit Siegellack zusammen. Fülle die Flasche mit Wasser, das mit Tinte geschwärzt worden ist. Stelle die Flasche auf einen tiefen Teller und gieß Wasser darauf, bis es den untern Rand des Papiers berührt. Das Wasser steigt langsam im Papier empor und hat in kurzer Zeit die Mündung der Flasche erreicht. (CE 25 Nr. 24.)

**240.** Wiederhole den Versuch F 1, 121 § 60 Nr. 240.

**241. a)** Lege einen trocknen großen Schwamm auf einen Teller, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist.

b) Schneide mit einem großen Tischmesser, das du dabei wie eine Säge, doch ohne starken Druck bewegst, aus gepreßtem Tafelsalz einen Quader, der  $\sim 5$  cm im Geviert hat und 15 cm hoch ist. Fülle eine Kanne (500 cm<sup>3</sup>) mit einer blau oder rot gefärbten gesättigten Kochsalzlösung. Stelle den Salzblock auf die Mitte eines Tellers (oder einer Schale) und gieße die Lösung auf dessen Boden (Fig. 177). Sie steigt im Block empor und erreicht seine Spitze, wenn der Quader nicht vorher umstürzt. (FC 28.) Ist solches Salz nicht zu haben, so nehme man eine Zuckersäule und eine gefärbte gesättigte Zuckerlösung.

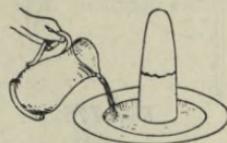


Fig. 177.

c) Stelle ein Stück spanisches Rohr (oder Tafelkreide) auf einen Teller mit etwas Terpentinöl (Kamphir) oder Steinöl. Es steigt im Rohr empor, und man kann es je nach der Länge des benutzen

Stücks nach einer oder nach zwei Stunden am obern Ende anzünden. (F C 30.)

d) Fülle eine Tonzelle mit Wasser.

e) Gieß einen steifen Gipsbrei (1 Raumt. Wasser und 2 Raumt. gebrannten Gips) auf eine sehr reine Glasplatte. Nimm nach einem Tage die Gipsscheibe vom Glas ab und laß sie während einiger Tage völlig trocknen. Bringe einen Tropfen Wasser auf die spiegelnde Gipsfläche. Er wird völlig eingesogen.

**242.** Künstliche Dendriten. a) Befeuchte einzelne Stellen durchlässiger (ungebrannter) Tonplatten mit einer mäßig starken Lösung von Kaliumpermanganat. Es entstehen im Lauf einer Stunde schwarzbraune Zeichnungen, die den natürlichen Dendriten gleichen.

b) Statt der Tonplatten kann man Rüdersdorfer Kalkstein oder Gipsplatten nehmen. (Schwalbe, Z 10, 225; 1897.)

**243.** Gesteinsfärbungen. a) Gieß auf einen Teller eine 0,5 cm hohe Schicht einer Indigolösung und stelle Bruchstücke von Sandstein, Kalkstein, Kreide, Marmor und Granit hinein. Die Flüssigkeit steigt in den Steinen empor. Zerschlage die Steine und zeige das Eindringen ins Innere.

b) Befeuchte Kalkstein, Sandstein usw. mit einer Ferrosulfatlösung.

c) Befeuchte eine Stelle einer ungebrannten Tonplatte oder eines durchlässigen Gesteins mit Kaliumdichromat oder mit Ferrichlorid und beobachte die chemischen Umsetzungen, die eintreten, wenn sich diese Stoffe in den Poren ausbreiten und auf andere Salzlösungen treffen, auf die sie chemisch einwirken. Runge stellte solche chemischen Zeichnungen (chemische Wappen) auf Fließpapier her. — (Schwalbe, Z 10, 225; 1897.)

**243\*.** Färben. a) Koche in einem Prüfglas etwas Pikrinsäure (giftig!) mit Wasser. Löse je 1,5 gr Fuchsin und Methylviolett in 1 l kochendem Wasser. Filtere die Lösungen und bewahre sie in verschlossenen Flaschen auf. Gieß etwas von jeder Farbstofflösung in je ein 8 cm hohes Becherglas, hänge ~ 3 cm breite Streifen Filterpapier hinein und biege sie über dem Becherrand um. Die Färbung steigt bei jeder Lösung in dem Papier nur bis zu einer gewissen Höhe; das Wasser hingegen dringt noch weiter vor. Fuchsin und Methylviolett steigen nur 3 bis 4 cm hoch im Papier empor; das Wasser aber tropft nach einer Stunde aus den umgebogenen Papierenden. Die Grenze des festgehaltenen Farbstoffs zeigt oft zungenartige Ausläufer. Eosinlösung (rote Tinte) und noch mehr Pikrinsäure färben ihre Streifen höher hinauf. Die Breite des Wasserrandes hängt von der Stärke der Lösungen ab; so zeigt gewöhnliche Tinte keinen Wasserrand, wohl aber verdünnte Tinte.

b) Mache mit den farbigen Lösungen etwa talergroße Kleckse auf große Blätter Fließpapier. Halte nach einigen Sekunden die Blätter

gegen das Licht. Man sieht um jeden Farbenfleck einen davon scharf getrennten Wassergürtel.

c) Wiederhole die Versuche (a) und (b) mit Mischungen der farbigen Lösungen. Fuchsin und Methylviolett bleiben hinter Eosin zurück und dieses hinter Pikrinsäure. — Hübsch sieht der rosa-farbene Eosin-Pikrinsäurefleck aus, umgeben von dem sich verlaufenden breiten Gelb der Pikrinsäure. — Vermische die Lösung von Methylviolett mit Eosinlösung und bringe einen Tropfen davon auf Fließpapier. Es entsteht ein ziemlich dunkler Fleck der beiden Farbstoffe. Er wird von Eosin allein rot umrahmt. Diesen farbigen Kern hüllt ein Wassergürtel ein. — Benutze bei Mischungen mit Eosin (wenige Tropfen) Methylviolett statt Fuchsin. Ist gleichzeitig etwas Pikrinsäure beigemischt, so umgeben den dunklen Kern zarte rosa-farbene Wölkchen von Eosin, diese umringt ein breiter gelber Gürtel von Pikrinsäure und darum zieht sich ein lichter Wasserring. (Rebenstorff, Z 22, 246; 1909.)

**244.** Eindringen des Wassers in den Erdboden. a) Fülle ein Standglas, das in geringer Höhe über dem Boden durchbohrt ist, mit Dünsand (grobem Kies, feinem Kies, Schlemmkreide, Erde, verschieden grobem, gewöhnlichem Sande, fein geriebenem Ton), gieß Wasser darauf und beobachte die Geschwindigkeit des Absinkens bis zum Boden.

b) Verbinde ein Standglas A (Fig. 65 auf S. 31), das in geringer Höhe über dem Boden durchbohrt ist, mit einem andern ähnlichen Standglas B durch einen Schlauch, der mit einem Quetschhahn versehen ist. Fülle A mit Sand od. dgl. und B bis zu geringer Höhe mit Wasser. Es erfolgt in A ein langsames Aufsteigen der Flüssigkeit, das man durch Erhöhung des Wasserdrucks in B beschleunigen kann. Statt der Standgläser darf man mittelgroße Blumentöpfe verwenden. Ihre untern Öffnungen verkorkt man oder benutzt sie zur Röhrendurchführung. Schwalbe verwandte in vielen Fällen auch Blumentöpfe, deren Boden er mit einer gleichmäßigen Schicht von sehr durchlässigem Gips ausgegossen hatte.

c) Fülle ein Standglas mit drei aufeinanderfolgenden Schichten von Sand, Ton und Sand und zeige bei Wasserzufluß von oben oder unten die Undurchdringlichkeit der Tonschicht. Durchbohre die Tonschicht mit einem Stab und zeige, daß nun das Wasser hindurchtritt. Die Tonschicht darf nicht zu dünn sein. — (Schwalbe, Z 10, 225; 1897.)

**245.** Salzausblühungen, Effloreszenzen. a) Fülle Untersätze von Blumentöpfen mit künstlichem Erdreich, Sand und gewöhnlicher Bodenerde, und durchtränke diese Stoffe mit einer Kochsalzlösung. Bei Einwirkung von Sonnenschein zeigt sich die Ausblühung nach einigen Tagen. Sie stellt sich schon nach kurzer Zeit ein, wenn man die Gefäße auf einem Wasserbad erhitzt.

b) Fülle durchlässige Tonzellen zu  $\frac{2}{3}$  mit Salzlösungen und stelle sie auf einen Untersatz. Schon nach wenigen Stunden entstehen die ersten Ausblühungen, und in einigen Tagen kann man die prachtvollsten Bildungen erhalten. Kaliumnitrat und Ammoniumchlorid sind besonders geeignet, Kuprisulfat und Kaliumdichromat zweckmäßig, Wasser einsaugende Salze hingegen ausgeschlossen.

c) Überlaß einige Wochen sich selbst kalte gesättigte Lösungen von Kaliumnitrat, Ammoniumchlorid oder ein Gemisch von Kuprisulfat und Kaliumdichromat in Glasgefäßen, die durch übergedecktes Papier gegen Staub geschützt sind. Schon nach einigen Stunden zeigt sich oberhalb des Spiegels der kristallinische Salzansatz. Das Salz kriecht empor, erreicht das Papier, dringt hindurch und kriecht an der Außenwand des Gefäßes auf den Boden.

d) Ähnlich kann man schöne Ausblühungen durch Überdampfen von Ammoniumchlorid aus Ammoniaklösung und Salzsäure darstellen, die mit durchlässigem Verschuß versehen längere Zeit in einem größern Raum geschützt vor Luftzug und sonstigen Störungen stehen. Die Ausblühungen entstehen an dem Standglas mit Salzsäure. — (Schwalbe, Z 10, 227; 1897.)

**246.** Krebsheber. Fülle ein Trinkglas voll Wasser und hänge einen Palämon (*Palaemon serratus*), dem man die langen Geißeln etwas gestutzt hat, so über den Rand, daß die Schwanzflosse möglichst tief in die Flüssigkeit eintaucht. An den Enden der Fühler bilden sich kleine Wassertröpfchen, die allmählich dünne Flüssigkeitsfäden bilden, die auf den untergestellten Teller hinabfließen, solange die Schwanzflosse eintaucht. Schwenter (Sch 511 Nr. 50) benutzte einen gesottenen Krebs. (Duke of Sussex. FC 224 Anm. 5.)

**247.** Haarheber. a) Fertige aus einer Haarröhre einen Heber an, dessen kurzer Schenkel kleiner als die Saughöhe ist, und setze ihn in gefärbtes Wasser. Der Heber beginnt von selbst zu fließen.

b) Hänge einige solche Haarheber nebeneinander und mache so die ausströmende Flüssigkeitsmenge einigermaßen ansehnlich.

c) Ersetze die Haarröhrchen durch Bündel von Fäden, durch Fließpapier oder durch Röhren, die mit feinem Sande gefüllt sind. — (LF 1, 2, 907.)

d) Schneide einen Tuchstreifen (Docht, Blumenstengel) zu, durchtränke ihn mit Wasser und lege die Enden in zwei verschieden hoch stehende Gläser, wovon das obere mit Wasser gefüllt ist (Fig. 178). Das Wasser fließt in etwa einer Stunde in das untere Glas. Das Verfahren wurde nach Schwenter (Sch 491 Nr. 14) zur Bewässerung von Kürbispflanzen verwandt.

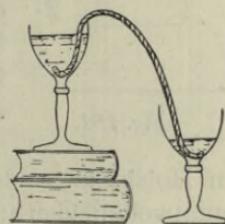


Fig. 178.

e) Lege ein Stück Draht doppelt und biege es in die Gestalt eines Hebers. Wickle um dieses Gerüst einen Musselinstreifen und

setze die Vorrichtung wie in Fig. 179 in einen Behälter mit Wasser. Der Heber füllt sich bald mit Wasser und entleert mit der Zeit das Gefäß.

f) Gieß etwas gefärbtes Wasser in ein 15 bis 20 cm langes Prüfröhrchen und verschließ es mit einem doppelt durchbohrten Stopfen (Fig. 180). Schiebe durch die eine Stopfenöffnung luftdicht eine enge Glasröhre derart, daß sie möglichst tief in die Flüssigkeit hineinragt, und

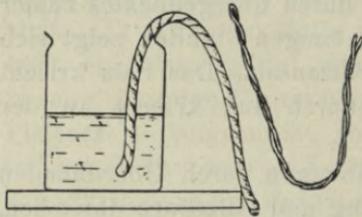


Fig. 179.

zieh einen der Länge nach zusammengerollten Lampendocht so durch die andere Durchbohrung, daß er sie luftdicht schließt und, wenn der Stopfen auf-

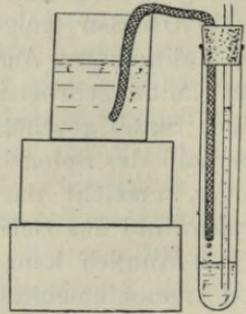


Fig. 180.

gesetzt worden ist, fast bis zu dem Wasserspiegel des Prüfröhrchens reicht. Befeuchte vor dem endgültigen Aufsetzen des Stopfens tüchtig den Docht und tauche sein freies Ende in ein hoch aufgestelltes Gefäß mit Wasser. Nach einigen Minuten saugt der Docht Wasser ins Prüfröhrchen hinüber. Die Spannung der Luft im Prüfglas wächst, und in einer Stunde steigt das Wasser in der engen Röhre 10 bis 13 cm empor. Prüfe vor dem Versuch, ob der durch den Stopfen gezogene Docht auch als Haarheber wirkt.

g) Fülle das große Glas (Fig. 181) mit Wasser und laß das mit Schrot oder Sand beschwerte kleinere Glas so darin schwimmen, daß sein Boden 2,5 bis 5 cm unter dem Wasserspiegel liegt. Laß sich einen Docht oder noch besser einen Musselinstreifen voll Wasser saugen und lege ihn so über den Rand des schwimmenden Gefäßes, daß er dessen Boden berührt. Das Wasser fließt in das innere Glas und bringt es zum Sinken. — (Sl 174.)

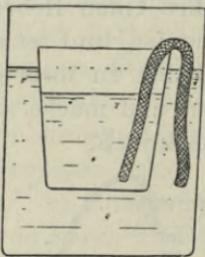


Fig. 181.

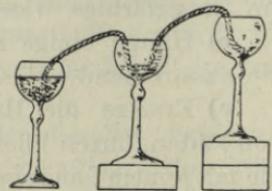


Fig. 182.

h) Stelle drei Weingläser

auf Holzklötzen oder Büchern so auf, wie es Fig. 182 zeigt. Wickle Baumwollenfäden zusammen und schneide davon Stücke ab, die von dem einen Glase zum andern reichen und noch kleine Knäuel auf den Böden der Gläser bilden. Fülle gefärbtes Wasser ins niedrigste Glas. Befeuchte die Baumwollensträhnen gut und lege sie so in die Gläser, wie es das Bild darstellt. Das Wasser bewegt sich von dem untersten Glas nach dem obersten. Schwenter (Sch 491 Nr. 14) bestreitet mit Unrecht die Ausführbarkeit des Versuchs.

**248.** Stelle einen spitzwinkligen Heber her, dessen langer Schenkel aus einer 3 mm weiten und einige Zentimeter langen Glasröhre besteht und dessen kurzer Schenkel so ausgezogen worden ist, daß er sich eben in eine 1,5 mm weite Röhre einschieben läßt. Stelle eine Glasröhre, die 8 bis 9 cm lang und innen 1,5 mm weit ist, schief in ein Gefäß mit Wasser. Es steigt durch die Haarröhrenwirkung darin empor. Schiebe den zuvor mit Wasser gefüllten Heber mit seinem kurzen Schenkel in das Wasser der schrägen Glasröhre. Da die Oberflächenspannung das Wasser in dem lotrecht hinabhängenden 3 mm weiten Schenkel aufwärts zieht, so wirkt der Heber nicht, sondern entleert sich. Plateau. (L F 1, 2, 908.)

**249. a)** Schneide aus einem Blatt Briefpapier ein Rechteck (7 cm × 3 cm), kniffe es so in der Mitte, daß beide Teile (OA und OB) den Winkel  $45^\circ$  miteinander bilden, und lege die Seite OA auf eine Flüssigkeit (Fig. 183a). Es senkt sich zunächst die Seite OB

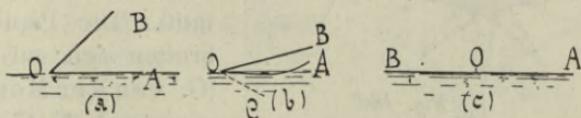


Fig. 183.

gegen OA, und zwar in gewissen Fällen bis zur Berührung (Fig. 183 b). Nach einer Ruhepause bewegt sich OB im umgekehrten Sinn, klappt allmählich auf den Flüssigkeitsspiegel und bildet nun die Verlängerung der Seite OA (Fig. 183 c). Der auf dem Wasser liegende Teil OA saugt Wasser ein und krümmt sich daher, dabei senkt sich der obere Teil OB so, daß der Winkel COB ungeändert bleibt, den er mit der Berührenden in der Kante bildet. Das Wiederaufrichten der oberen Seite OB wird bewirkt durch: 1. das Verschwinden der Krümmung des untern Blatts, 2. das Feuchtwerden der Kante und 3. das Vordringen der Flüssigkeit bis zu den innern Schichten des Papiers. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, Juillet 1889.)

**b)** Falte das Papierschiffchen (S. 71 Nr. 138) vollständig zusammen, schlage es platt und lege es auf Wasser. Das kleine Boot entfaltet sich und breitet sich auf dem Wasserspiegel aus (Fig. 184). Die Geschwindigkeit der Bewegung hängt von der Art des Papiers ab. Dickes Pergamentpapier öffnet sich so langsam, daß man die Erscheinung bezweifeln könnte; sehr feines Fließpapier aber entfaltet

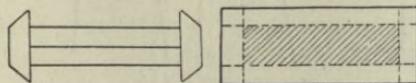


Fig. 184.

sich sofort. Am geeignetsten ist feines rosafarbenes Fließpapier; es führt die Bewegungen nicht zu schnell und nicht zu langsam aus. Dies Papier eignet sich auch ausgezeichnet zu folgenden Versuchen:

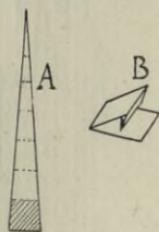


Fig. 185.

c) Schneide ein längliches Dreieck von 12 bis 15 cm Höhe aus,

falte es mehrfach zusammen und fange dabei mit der Spitze an. Fig. 185 A gibt die Art des Verfahrens an; die gepunkteten Linien stellen die Kniffe dar. Gib, um die Bewegungen zu erleichtern, den aufeinanderfolgenden Falten immer größere Abstände. Fig. 185 B zeigt das hergerichtete Stück. Lege das kleine Gebilde auf Wasser. Es entfaltet sich ruckweise und breitet sich vollständig auf dem Spiegel aus.

d) Stelle mit einigen Scherenschnitten mehr oder weniger zusammengesetzte Sterne, einen Handschuh usw. her (Fig. 186). In den Abbildungen zeigen die gepunkteten Linien die Lage der Kniffe an und die Strichelungen die Flächen, womit man die Gebilde auf die Flüssigkeit legen muß. Die Papiere entfalten sich und breiten sich auf dem Wasserspiegel aus. (G. van der Mensbrugge und F. Lemoine, L N 17, 219; 1889.)

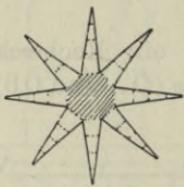
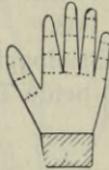


Fig. 186.



**250.** Schläge in ein Holzbrettchen mit einer halben, am Ende eben gefeilten Stricknadel ST (Fig. 187) Löcher hinein, die einen Buchstaben, ein Kreuz oder sonst eine Figur darstellen. Hoble das Brettchen bis UV ab, d. h. so weit, daß man keine Vertiefungen mehr sieht, und lege es in Wasser. An den Stellen (z. B. K und L), wo vor dem Abhobeln die Löcher endigten, quillt das dort durch den Druck der Stricknadel zusammengepreßte Holz wieder empor. Bringe auf die erhabenen Stellen Druckerschwärze oder auch Tinte

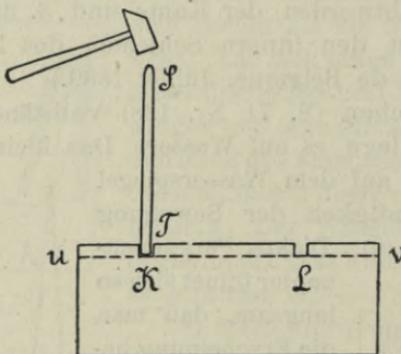


Fig. 187.

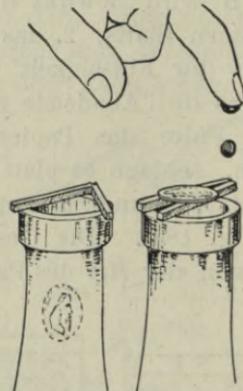


Fig. 188.

und stelle Abdrücke der Buchstaben auf Papier, Leinwand usw. her. (B Sch 13 Nr. 14.)

**251.** Das geknickte Streichholz. Knicke ein nicht mit Paraffin getränktes Streichholz so in der Mitte, daß es einen spitzen Winkel bildet und lege es über die Mündung einer Flasche und dar-

auf eine Münze (Fig. 188). Tauche einen Finger in ein Glas Wasser, halte ihn über den Knick des Streichholzes und laß einen oder zwei Tropfen Wasser darauf fallen. Die Schenkel gehen langsam auseinander, und der Winkel wird so groß, daß die Münze in die Flasche hinabfällt. (T T 1, 193.)

**252.** Streichholzwunder (Fig. 189). Lege vier in der Mitte geknickte Streichhölzer in der bei A angegebenen Stellung auf den Tisch, auf einen Teller oder dgl. Laß auf jeden Knick einen Tropfen Wasser fallen. Die Hölzchen nehmen die Stellung B und schließlich die Stellung C ein. Knorrs Juxkarten.

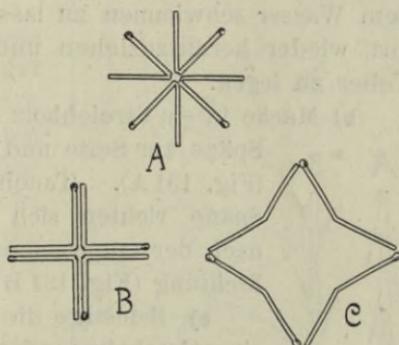


Fig. 189.

**253.** Lebende Hampelmänner. Zeichne auf alte Besuchskarten die einzelnen Teile der Menschen- und Tiergestalten, die in Fig. 190 angegeben sind, bemale sie und schneide sie aus. Bezeichne mit Blei die Drehpunkte und stecke eine Stecknadel durch je zwei aufeinandergelegte, zusammengehörige Drehpunkte. Knicke ein gewöhnliches Streichholz (schwedische sind nicht gut, da sie mit Paraffin getränkt sind) derart ein, daß die Enden nahe beieinander liegen. Das Streichholz bricht teilweise durch, einige Fasern jedoch bleiben ganz, sie haben sich nur gebogen, ohne zu brechen. Lege in der Weise, wie es die Zeichnungen andeuten, auf die einzelnen Teile der Figuren die so gebogenen Streichhölzer und befestige sie darauf

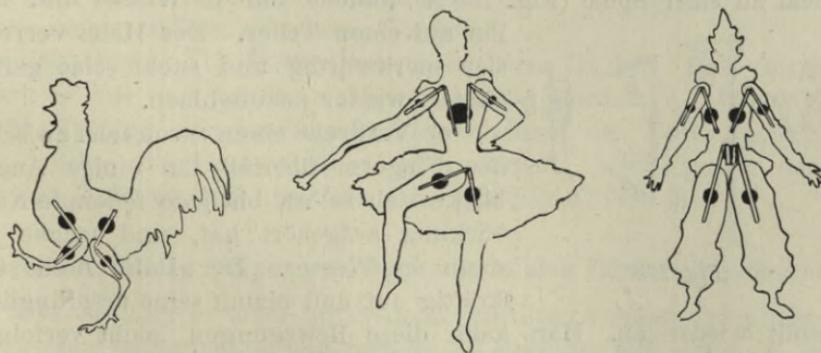


Fig. 190.

mit Siegellacktropfen. Lege jede so zusammengesetzte Figur mit der Streichholzseite auf einen Teller, der eine ganz dünne Wasserschicht enthält. Die nicht zerbrochenen Holzfasern saugen sich in den Gelenken voll Feuchtigkeit und strecken sich gerade. Der Hampelmann macht ebenso unterhaltende ruckweise Bewegungen wie seine mit Strippen versehenen Vettern. Statt die Wichte auf einen feuchten

Teller zu legen, kann man auch mit einem Finger oder einem Pinsel einen Tropfen Wasser auf die Gelenke bringen. (T T 2, 239.)

**254. a)** Lege Grashalme (Stroh oder Heu), Blumenstiele, trockne dünne Zweige, Hobelspäne, kurz irgendwelche trocknen dünnen Holzstäbe gefaltet auf Wasser, sie strecken sich gerade und nehmen ihre alte Gestalt wieder an. Es ist nicht unbedingt nötig, den Stab auf dem Wasser schwimmen zu lassen; es genügt, ihn einzutauchen, sofort wieder herauszuziehen und dann auf einen Tisch oder einen Teller zu legen.

**b)** Mache in ein Streichholz schräge Einschnitte, biege die kleinen Späne zur Seite und drücke sie dann wieder an den Stab (Fig. 191 A). Tauche das Streichholz in Wasser. Die Späne richten sich wieder auf und weisen schließlich nach der entgegengesetzten Richtung (Fig. 191 B).

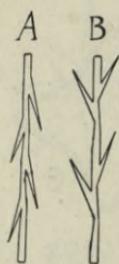


Fig. 191.

**c)** Befestige die Enden eines Grashalms an den Mitten zweier Korkscheibchen und knicke den Halm so ein, daß die Korke möglichst nahe

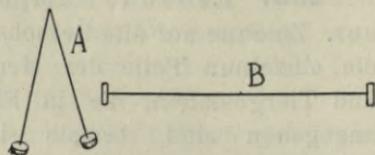


Fig. 192.

aneinander liegen und sich nicht von selbst voneinander entfernen (Fig. 192 A). Lege sie behutsam auf Wasser und befeuchte tüchtig den Scheitel des vom Halm gebildeten Winkels. Dieser streckt sich, und die Scheibchen entfernen sich allmählich voneinander, bis sie schließlich gleich gerichtet sind (Fig. 192 B).

**d)** Rolle einen Strohhalm um ein Blei oder ein vierkantiges Lineal zu einer Spule (Fig. 193 A), tauche ihn in Wasser und lege ihn auf einen Teller. Der Halm verrenkt sich merkwürdig und sucht seine gerade

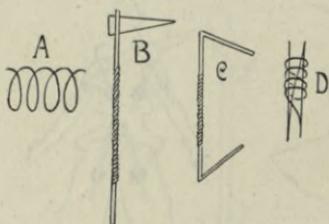


Fig. 193.

Gestalt wieder anzunehmen.

**e)** Verdrehe einen Strohhalm zwischen den Fingern, überlaß ihn einige Augenblicke sich selbst, bis jede federnde Nachwirkung aufgehört hat, und tauche ihn dann in Wasser. Der Halm dreht sich kräftig auf und nimmt seine ursprüngliche

Gestalt wieder an. Man kann diese Bewegungen leicht verfolgen, wenn man den Halm in der Hand hält und eine kleine Papierfahne betrachtet, die in einen Spalt an seinem Ende eingeklemmt ist (Fig. 193 B).

**f)** Knicke einen Strohhalm an den Enden um, verdrehe den mittlern Teil (Fig. 193 C) und lege den Halm nach dem Befeuchten auf einen Teller. Er führt sonderbare Bewegungen aus, als wäre er ein Tier.

**g)** Knicke einen Grashalm mehrfach um und wickle das Ende so um das Bündel, daß ein kleines Gebund entsteht (Fig. 193 D).

Man kann das Bund aufmachen, ohne es zu berühren. Laß einige Tropfen Wasser auf die Knicke und das Bund fallen. Das Gebund löst sich wie durch Zauberei. Recht biegsame Heuhalme eignen sich ausgezeichnet für diesen Versuch. — (G. van der Mensbrugghe und F. Lemoine, L N 17, 219; 1889.)

**255.** Wirf in ein Gefäß mit Wasser eine trockne Schote der *Justicia*, einer in Mexiko wachsenden Akanthaceenart. Die Frucht zerspringt nach einigen Minuten mit scharfem Knall und schleudert einen Teil der Samenkörner und meist auch die eine Hälfte der Schote in die Luft. (C 1, 73.)

**256.** Schimpers Zonomatik (1855). a) Laß einen ~ 15 cm langen Faden von baumwollenem Strickgarn in senkrechter Stellung ausleiern, damit er beim Gebrauch nicht schnörkelt, und knüpfe seine Enden fein zusammen. Tauche den Faden in Wasser oder gieß einige Tropfen auf eine Schiefertafel. Laß den Faden allmählich auf die Tafel nieder gleiten. Es entsteht die Form I (Fig. 194). Ziehe die eine Seite mit der Spitze eines Griffels seitwärts. Es entsteht die Gestalt II. Stelle daraus die Form III her. Geh von der Gestalt IV aus und gib ihr nacheinander die Formen V, VI und VII.

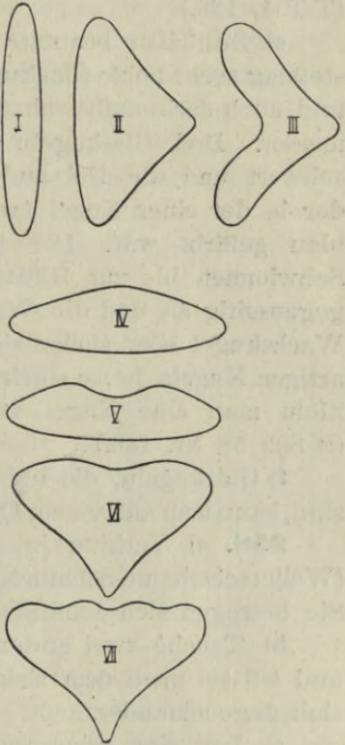


Fig. 194.

b) Tränke, um die Gestalten festzuhalten, den Faden mit Tinte und drücke ein Blatt weißes Papier darauf. Alle Figuren haben gleichen Umfang, sind also Isozonen. (B Sch 57 Nr. 134.)

### 3. Bewegungen von Körpern, die teilweise in eine Flüssigkeit eintauchen.

**257. a)** Laß in einer mit Wasser gefüllten Schüssel zwei kleine Korkkugeln schwimmen und nähere sie einander auf ~ 1 mm. Sie ziehen sich an.

b) Stecke die eine Kugel auf die Spitze eines Messers und zieh damit die schwimmende andere Kugel an.

c) Überziehe die Korkkugeln mit Talg, Paraffin oder Kienruß. Sie ziehen sich auch an.

c\*) Tropfe flüssiges Stearin aus nicht zu großer Höhe auf Wasser. Es bilden sich kleine Schiffchen, und sie ziehen einander an.

d) Bringe auf Wasser zwei Nadeln möglichst weit voneinander

zum Schwimmen (vgl. S. 73 Nr. 147). Anfangs nähern sie sich langsam, stürzen dann plötzlich aufeinander zu und legen sich dicht nebeneinander, wenn nicht ein Zusammenstoß sie in den Grund bohrt. (TT 1, 126.)

e) Schäffer benutzte zu den Versuchen über Anziehung und Abstoßung sechs hohle Glaskugeln und drei mit Bärlappsamen überzogene und auch darin aufbewahrte Wachskugeln. Alle hatten  $\sim 2$  cm Durchmesser. Drei Glaskugeln waren mit einem Tropfen Quecksilber beschwert und die drei andern etwa zur Hälfte mit Weingeist gefüllt, der in der einen Kugel farblos, in der andern rot und in der dritten blau gefärbt war. Die Füllung bewirkt, daß die Kugeln beim Schwimmen bis zur Hälfte eintauchen. Die Glaskugeln ziehen sich gegenseitig an und die Wachskugeln auch; eine Glaskugel und eine Wachskugel aber stoßen sich ab. Die Anziehung zwischen den gleichartigen Kugeln ist so stark, daß einige ziemlich fest aneinander haften. Zieht man eine Kugel vorsichtig seitwärts, so folgen die andern. (B Sch 58 Nr. 138.)

f) Glaskugeln, die beinahe bis zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt sind, kann man auf reinem Quecksilber schwimmen lassen. (LF 1, 2, 844.)

258. a) Verkittete je eine Öffnung zweier leichten Glaskugeln (Weihnachtsbaum-Schmuck) mit Siegelack und lege sie auf Wasser. Sie bewegen sich aufeinander zu.

b) Tauche zwei andere solche Kugeln in geschmolzenes Paraffin und laß sie nach dem Erkalten auf Wasser schwimmen. Sie bewegen sich gegeneinander.

c) Laß eine reine und eine paraffinierte Glaskugel auf Wasser schwimmen. Sie stoßen sich scheinbar ab.

d) Setze eine reine Glaskugel in ein reines Glas, das nicht ganz mit Wasser gefüllt ist. Man kann sie nicht in der Mitte des Gefäßes schwimmen lassen, sie wandert stets an die Wand.

e) Füge allmählich Wasser hinzu, bis sich seine Oberfläche über die Ebene des Glasrandes wölbt. Jetzt bleibt die Kugel nicht mehr an der Wand, sondern eilt nach der Mitte.

f) Wiederhole die Versuche (d) und (e) mit einer paraffinierten Glaskugel oder mit einer behutsam aufs Wasser gelegten Nähnadel (vgl. S. 73 Nr. 147).

f\*) Halte eine reine Nähnadel an einem Faden in Wasser und nähere sie vorsichtig dem Rande des Gefäßes. Sie wird angezogen. (BLO 99.)

g) Fülle ein Glas Wasser, worin einige Luftblasen an der Wand haften, bis über den Rand. Sie schießen plötzlich nach der Mitte. Am besten füllt man das Glas fast bis zum Rand und ändert den Wasserstand durch behutsames Eintauchen und Herausziehen eines Korks. (Mariotte, *Traité du mouvement des eaux*; Paris 1700. — BSB 32.)

h) Verbinde eine gerade abgeschnittene  $\sim 2,5$  cm weite Röhre, die unten zu einem engen Hals ausgezogen ist, durch einen Gummischlauch mit einem Trichter. Fülle die verbundenen Gefäße mit Wasser. Hebe und senke den Trichter, der Wasserspiegel in der Röhre steigt und fällt. Bestreiche den Rand der Röhre mit Öl, Paraffin oder Wachs und hebe den Trichter, bis sich das Wasser über den Rand der Röhre emporwölbt. Wiederhole mit dieser Vorrichtung die Versuche (d) bis (f). (P P 5, 133; 1892 nach Scientific. Americ.)

i) Befestige an einem Gestell einen großen Trichter (Fig. 194 a) derart, daß sein Rand genau wagerecht liegt. Verbinde den Hals durch einen Gummischlauch mit einem andern Trichter oder besser mit einem becherförmigen Zuflußgefäß. Durch Heben des Gefäßes kann man das Wasser über den Trichterrand empordrücken. Laß auf der Wasserfläche eine Holzkugel schwimmen oder eine Korkscheibe, die (wenn nötig, mit heißem Wasser) gut benetzt ist. Laß das Wasser etwas über den Trichterrand steigen. Der Schwimmer eilt nach der Mitte. Senke die Wasserfläche im Trichter unter den Rand. Der Schwimmer nähert sich der Wand. (V A 117.)

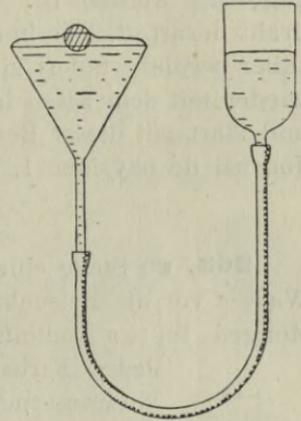


Fig. 194 a.

**259.** Hänge zwei dünne Platten aus Glas oder Glimmer mit Wachs an zwei Fäden parallel zueinander so auf, daß ihre untern Enden in Wasser tauchen. a) Befette die eine Scheibe. b) Befette beide. Sie verhalten sich wie die Glaskugeln. (L F 1, 2, 844.) Die Versuche sind unzuverlässig. (V A 117.)

**260.** Der Tänzer. Schneide aus Papier einen Tänzer und klebe seinen einen Fuß auf die hohle Seite eines Uhrglases. Bringe auf einen größern Spiegel oder auf eine Glasscheibe einen Tropfen Wasser oder Weingeist. Setze das Uhrglas mit seiner Kuppe auf den Tropfen und halte den Spiegel nun etwas schräg. Das Uhrglas gerät beim Hinabgleiten in lebhafte Umdrehung. Mitteilung von Herrn Mechaniker F. A. Hintze.

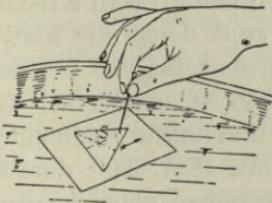


Fig. 195.

**261.** Der Schwerpunkt des Deutschen Reichs. (Fig. 195.) Zeichne mit einem Bleistift, dessen Spitze du in Wasser getaucht hast, irgendein Bild, z. B. ein Dreieck, auf ein rechteckiges Stück Papier. Lege es, die Zeichnung nach oben gekehrt, auf das Wasser in einer Schale und fülle den Raum innerhalb des Umrisses durch vorsichtiges Aufträufeln mit Wasser aus. Setze die Spitze einer Stecknadel so über eine beliebige Stelle des Dreiecks, daß sie zwar die Wasseroberfläche durchdringt, doch das Papier nicht be-

rührt. Das Papier bewegt sich, bis der Schwerpunkt des Dreiecks, der vorher durch die bekannte Zeichnung gefunden und angemerkt worden ist, sich genau unter die Nadelspitze gestellt hat. Zeichnet man den Umriß des Deutschen Reichs auf ein Stück Papier, so findet man auf diese Weise, daß der Schwerpunkt unsers Vaterlandes in der Gegend des Kyffhäusers liegt. (T T 1, 81.)

**262.** Gieße in eine Schale einen großen Tropfen Quecksilber und fülle Wasser darüber, dem Schwefelsäure und Kaliumdichromat zugesetzt worden ist. Befestige am Rande der Schale einen Eisendraht derart, daß er in das angesäuerte Wasser taucht und das Quecksilber berührt. Sofort zieht sich der Tropfen zusammen, kommt dann wieder mit dem Eisen in Berührung, zieht sich von neuem zusammen und fährt mit dieser Bewegung mehrere Stunden fort. (Lippmann, Journal de physique 1, 396, 1882.) Elektrische Erklärung.

### § 18. Lösung.

**263. a\*)** Stelle einen Bildwurftrög (F 3, 153, 302 u. S. 388) mit Wasser vor die Beleuchtungslinse und bringe auf das Wasser winzige Mengen fester Anilinfarbstoffe (Eosin, Brillantgrün, Methylviolett). Jedes Farbstoffteilchen sinkt unter, ein farbiges Band hinterlassend, das sich verästelt. (R 2, 75.)



Fig. 196.

a) Binde über die untere Öffnung eines 5 bis 8 cm weiten Becherglases, dessen Boden abgesprengt worden ist, weißen Flor (Tüll), lege auf das so hergestellte Sieb Kristalle von Kaliumpermanganat (Kaliumchromat, Cuprisulfat, Kobaltsulfat) und hänge die ganze Vorrichtung mit Drahtarmen so in ein weites hohes, mit ruhigem Wasser gefülltes Glasgefäß, daß der Wasserspiegel gerade die Kristalle berührt (Fig. 196). Die Lösung sinkt in rot gefärbten Bändern auf den Boden des äußern Gefäßes. (H K 256.) Vgl. F 3, 155, 308. F 3, 163, 330 d; benutze hier kristallisiertes Chlorkalzium, Kaliumnitrat, Kaliumchlorat, Bleichlorid.

b) Befestige mit einem kleinen Wachsstock einen größern Kristall von Kaliumpermanganat an einer Glasscheibe und decke die Platte auf ein großes fast ganz mit Wasser gefülltes Einmacheglas, so daß der Kristall lotrecht  $\sim 1$  cm tief in die Flüssigkeit eintaucht. Es sinkt ein violetter Faden herab. Er schwillt an und bildet schließlich Wirbelringe. (F. C. G. Müller, Chem. Centr.-Blatt 1887, 446; daraus A T 480.) Rosenberg (R 1, 93) kittet in ein Brettchen einen kurzen Glasstab. Er erwärmt dessen rund geschmolzenes Ende so stark, daß Picein darauf schmilzt, und drückt es, bevor der Kitt ganz erstarrt, gegen das Kaliumpermanganat, das er auf einem Blatt Papier ausgebreitet hat. Das vor der Stunde vorbereitete Brettchen legt er auf ein Standglas mit Wasser. — Vgl. S. 140 Nr. 288 u. S. 160 Nr. 339.

**264.** Schütte in vier kleine Bechergläser je 5 gr Cuprisulfat, und zwar in das erste ganze Stücke und in die andern gepulvertes Salz, und gieß je 50 cm<sup>3</sup> Wasser darauf. Nach ~ 10 Minuten bildet sich im ersten und zweiten Glas eine tiefblaue Bodenschicht. Befördere die Auflösung im dritten Becher durch Umrühren und im vierten durch Erwärmen und Umrühren. Gieße in ein fünftes Gläschen 50 cm<sup>3</sup> Wasser, binde 5 gr Cuprisulfat (ganze Kristalle) in einen kleinen Beutel aus Gaze, Mull oder Leinwand und hänge das Säckchen mit einem Faden so an ein kleines quer über das Glas gelegtes Holzstäbchen (Bleistift), daß es in die oberste Wasserschicht eintaucht. Halte bei der Beobachtung die Gläschen gegen das Licht. (W V 148. R 1, 92.)

**265.** Fülle einen nicht zu enghalsigen Glaskolben (Fig. 197) mit Stücken von Cuprisulfat und dann noch mit Wasser oder Cuprisulfatlösung, verschließe ihn mit einem ~ 6 mm weit durchbohrten Kork und stülpe ihn in eine weithalsige Flasche, die mit Wasser oder Cuprisulfatlösung soweit gefüllt ist, daß die Mündung des Kolbens noch reichlich tief in die Flüssigkeit hineinragt. Ist alles Salz gelöst, so fülle man den Kolben von neuem. Mit der Zeit bildet sich auf dem Boden der Flasche eine dicke Schicht Cuprisulfat. Diese entfernt man, falls das wünschenswert ist, folgendermaßen: Fülle nach dem Ausgießen der Cuprisulfatlösung das Gefäß ganz mit Wasser, verschließe es mit einem Propfen, stürze es um und laß es in dieser Stellung stehen. Die feste Schicht löst sich bald so weit, daß sie hinab fällt. Es empfiehlt sich, eine so hergestellte gesättigte Cuprisulfatlösung und eine auf die gleiche Weise gesättigte Kochsalzlösung stets bereit zu halten. (W D 732.)



Fig. 197.

**266.** Gleiche zwei kleine Trinkgläser ab, gieße in beide gleiche Massen Wasser, wäge gleiche Mengen Kochsalz ab, schütte in das erste Glas die eine Salzmasse und lege die andere neben das zweite Glas auf die Wagschale. Das Gleichgewicht bleibt erhalten. (B S 105 Nr. 124.)

**267. a)** Mische Kochsalz mit feinem Sand und rühre das Gemenge in ein Glas Wasser. Die Flüssigkeit wird trübe. Lege auf einen Trichter einen Filter, befeuchte ihn und laß die Mischung hindurch in ein reines Glas laufen. Die so erhaltene Flüssigkeit ist klar. Der Sand liegt auf dem Filter. Das Wasser schmeckt salzig. Noch besser ist es, wenn man Salz, Sand und Wasser, und zwar jedes für sich, wägt und den ganzen Verlauf des Versuchs mit der Wage verfolgt.

**b)** Gleiche zwei kleine Gläser (oder Blechgefäße) ab, gieß Wasser hinein und wäge es. Hänge in das eine Glas ein abgewogenes Stück Zucker und in das andere ein abgewogenes Stück Schwefel. Nach kurzer Zeit ist der Zucker verschwunden, der Schwefel aber nicht. Nimm den Schwefel heraus und wäge die Flüssigkeiten nochmals.

c) Gieß das Wasser, worin sich der Zucker aufgelöst hat, in eine abgewogene flache Schale (Teller) und stelle sie auf den Herd. Bald ist das Wasser verschwunden und der Zucker wieder erschienen. Wäge den Zucker. — (BS. 102 Nr. 117—119.)

**268.** Gieß eine Flasche (oder Prüfglas) halb voll Wasser und löse in kleinen Mengen so viel gepulvertes Kaliumnitrat oder Magnesiumnitrat darin auf, daß das Wasser bei der Zimmerwärme gesättigt ist, d. h. daß weiter hinzugefügtes Salz sich zu Boden setzt. Trockne die Flasche außen gut ab und erwärme sie vorsichtig. Es löst sich das abgesetzte Salz. Füge noch Salz hinzu, bis die warme Lösung gesättigt ist. Laß die Flüssigkeit sich allmählich abkühlen. Etwa nach einer Viertelstunde scheidet sich ein Teil des Salzes in Kristallen ab, und die Lösung darüber wird klar. Will man die Kristallsäulen dauernd erhalten, so zieht man nach dem Erkalten der Flasche die Mutterlauge ab (R 1, 92.) — Weitere Versuche über Kristallisation bringt der Teil der Freihandversuche, der die Wärmelehre behandelt.

**269.** Wäge vier gleiche Massen reines Wasser (Regenwasser) ab und ebenso gleiche Massen Kochsalz, Soda, Kreide und Zucker. Bringe etwas Kochsalz in die eine Wassermasse, etwas Soda in die zweite usw., und schüttle die Mischungen tüchtig. Füge zu den klaren Lösungen in kleinen Mengen mehr festen Stoff hinzu, bis die Lösungen gesättigt sind und sich die weiter hinzugefügten Stoffe absetzen. Bestimme die Massen der Stoffe, die sich in den gleichen Wassermassen gelöst haben, und berechne daraus, wieviel Gramm der festen Körper sich in einem Gramm Wasser gelöst haben. (BS 133 Nr. 165.)

**270.** Stelle an einem trocknen Tage Teller mit Trinkwasser, Seewasser, Flußwasser, Zuckerwasser, Kalkwasser an die Luft und, wenn möglich, in den Sonnenschein. Nach einiger Zeit ist das Wasser verschwunden. Untersuche die Rückstände.

**271. a)** Gieß Wasser über einige Gramm Jod (kristallisiert oder besser gepulvert) in einer Flasche (1000 cm<sup>3</sup>) und schüttle längere Zeit. Man erhält schwach bräunlich gefärbtes Jodwasser.

**b)** Löse Jod in Alkohol (Jodtinktur).

**c)** Gieße einige Tropfen Jodtinktur in noch nicht gesättigtes Jodwasser. Es scheidet sich eine Wolke von feinpulvrigem Jod ab, die sich beim Schütteln wieder löst.

**d)** Löse Jod in Äther, Kohlenstoffdisulfid und Chloroform.

**e)** Entziehe klarem Jodwasser durch Schütteln mit Kohlenstoffdisulfid das Jod. Es bildet sich auf dem Boden eine violette Schicht.

**f)** Schüttle klares Jodwasser mit Äther. Es bildet sich auf der Oberfläche eine braune Schicht. — (A T 400.)

**272. a)** Setze zu einer kalt gesättigten Lösung von Natriumchlorid (vgl. S. 133 Nr. 265) etwas rauchende Salzsäure ( $\rho = 1,19$  gr/cm<sup>3</sup>). Es scheidet sich festes Natriumchlorid in Kristallen ab.

b) Leite Chlorwasserstoffgas zur Reinigung durch starke Schwefelsäure und dann in ein hohes Standglas voll kalt gesättigter Natriumchloridlösung. Es scheidet sich bald ein dichter weißer Niederschlag ab. — (HK 96.)

**273. a)** Setze zu einer kalt gesättigten Lösung von Bleichlorid eine kalt gesättigte Lösung von Kaliumchlorid. Die gelösten Salze scheiden sich ab.

b) Füge zu einer kalt gesättigten Lösung von Kaliumchlorat eine kalt gesättigte Lösung von Kaliumchlorid. Die gelösten Salze scheiden sich ab.

c) Setze zu der Kaliumchloratlösung eine kalt gesättigte Kaliumnitratlösung.

d) Füge zu der Bleichloridlösung die Kaliumnitratlösung.

e) Setze zu der Bleichloridlösung eine kalt gesättigte Natriumchloridlösung.

f) Füge zu der Kaliumchloratlösung die Natriumchloridlösung. — (HK 97.)

**274.** Fülle zwei gleich große Prüfgläser mit einer gesättigten Lösung von Ammonium-Kupfersulfat und streue in das eine zwei Messerspitzen voll fein gepulvertes Ammoniumsulfats und schüttele zwei Minuten tüchtig. Nach dem Absetzen ist die Lösung nahezu farblos, jedenfalls sehr viel heller geworden als die daneben stehende ursprüngliche Flüssigkeit. (Rüdorff, Berl. Ber. 18, 1162.)

**275.** Filtern. a) Füge zu Wasser einige Tropfen Indigolösung hinzu und filtere durch ein Papierfilter. Die blaue Lösung läuft durch das Filter hindurch.

a\*) Rühre in einem kleinen Gläschen gefärbtes Wasser oder besser Cuprisulfatlösung mit Holzkohlenpulver an und filtere.

b) Färbe etwas Wasser mit Rotwein, Rotkohl, Lackmuslösung, Indigolösung, Blauholz, Cochenilletinktur, Roterübensaft oder Heidelbeersaft, gieß es in eine Flasche, setze gepulverte Tierkohle, Knochenkohle, Holzkohle (am besten käufliche Blutkohle) reichlich hinzu, schüttele das Gemisch oder koche es und gieß es durch gewöhnliches Filterpapier. Das Wasser fließt fast farblos hindurch. Vgl. F 1, 121 Nr. 238. — Für die Herstellung der Lackmuslösung gibt Rosenberg (R 1, 94) folgende Vorschrift: Löse bei gelinder Wärme 1 Gwt. fein geriebenen Lackmus in 4,5 Gwt. übergedampftem Wasser, laß absetzen und filtere. Verschließe die Aufbewahrungsf Flasche mit einem Kork, wodurch ein beiderseits offnes Glasröhrchen geht.

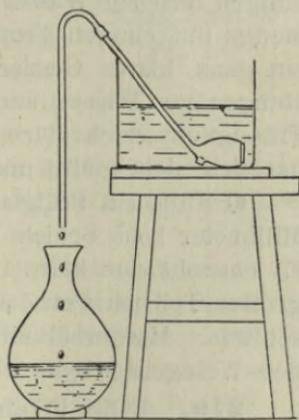


Fig. 198.

**276.** Wasserfilter (Fig. 198). Lege in dem Kopf einer Tonpfeife auf die Rohrmündung ein Stückchen Watte, fülle den Kopf dreiviertel voll mit kleinen Holzkohlenstücken, ohne sie jedoch fest zu stopfen, und schüttele in die Zwischenräume Kohlenstaub. Verschließe mit einem durchbohrten runden Kork den Pfeifenkopf und lege ihn in das zu reinigende Wasser. Ziehe über das Mundstück einen Gummischlauch und laß sein Ende unter den Pfeifenkopf hinabhängen. Röhre und Schlauch bilden einen Heber. Stelle unter den Abflußschenkel ein Gefäß, das das gereinigte Wasser aufnimmt. Saug am Ende des Schlauchs. Es fließt reines Wasser aus und füllt langsam die untere Flasche. (C 1, 107 nach französischer Quelle.)

**277.** Durchsickerung. Stelle in Standgläsern mit Abflußöffnungen oder in gewöhnlichen Trichtern Filter aus Sand, geglühter Holzkohle und Kies her und laß trübe Flüssigkeiten hindurchfließen. Sie laufen klar ab. (Schwalbe, Z 10, 228; 1897.)

## § 19. Eindringung.

### 1. Mischung.

**278.** a) Schüttele in Prüfröhrchen Wasser mit Quecksilber, Wasser mit Olivenöl oder Quecksilber mit Olivenöl. Sie mischen sich nicht, sondern trennen sich rasch wieder vollständig.

b) Fülle ein großes Prüfglas zu  $\frac{1}{10}$  mit Weingeist, gieß erst einige Tropfen, dann immer mehr Wasser hinzu, bis das Glas voll ist, und schüttele nach jedem Zusetzen. Das Gemisch ist stets klar. Vgl. S. 57 Nr. 101.

c) Schüttele in einem Prüfröhrchen eine größere Äthermenge mit einigen Tropfen Wasser und in einem andern eine größere Wassermenge mit einigen Tropfen Äther. Man erhält in beiden Röhrchen ein ganz klares Gemisch. Schüttele in einem Prüfgläschen gleiche Mengen von Wasser und Äther. Streue eine Spur Jod ein. Die obere Flüssigkeitsschicht färbt sich braun. Die größte Menge des Äthers hat sich nicht gelöst und schwimmt auf dem Wasser. (R 2, 76.)

d) Fülle ein Prüfglas zu  $\sim \frac{3}{4}$  mit Weingeist, bringe eine etliche Millimeter hohe Schicht Petroleumäther (Ligroin) darauf und schüttele. Es entsteht eine klare Lösung. Fülle ein anderes Prüfröhrchen zum großen Teil mit Petroleumäther, gieß nur wenig Weingeist hinzu und schüttele. Man erhält ein trübes Gemenge, und beim Stehen setzt sich der Weingeist wieder ab. — (WD 172).

**279.** Fülle in ein Glas etwas Glyzerin und gieß aus einiger Höhe Weingeist auf die Mitte der Oberfläche. Der Weingeist dringt tief in das dickere und schwerere Glyzerin ein und sucht sofort an die Oberfläche zu steigen. Er bildet im Glyzerin Fäden und scheint sich durchaus nicht damit zu mischen. (Sl 136 nach John C. Trautwine jr.)

## 2. Schichtung.

**280.** a) Gieß Öl auf Wasser in einem Prüfröhrchen und kehre es um.

b) Schichte Rotwein oder gefärbten Weingeist vorsichtig über Wasser (vgl. Nr. 281 u. 287).

**281.** Gieße in das hochgestellte Gefäß A (Fig. 199) eine starke Cuprisulfatlösung und fülle das Trinkglas B halb voll Wasser. Stecke an einen Schlauch ein knieförmig gebogenes Glasröhrchen, das in eine sehr feine Spitze N ausgezogen worden ist. Lege den Schlauch nebst Ansatzröhre in die Cuprisulfatlösung, halte, sobald er gefüllt ist, die beiden Enden M und N mit den Fingern zu (oder verschließe den Schlauch mit einem Quetschhahn), tauche M in das Gefäß A, lege N auf den Boden des Gefäßes B und nimm jetzt die Finger weg. Die Lösung breitet sich unter dem Wasser aus und hebt es empor. Verschließe, sobald genug schwere Flüssigkeit eingefüllt ist, den Schlauch mit den Fingern oder mit dem Quetsch-

hahn und ziehe die Glasröhre behutsam zurück. (A. Handl, ZF 2, 22; 1885.)

**282.** a) Tauche zwei kleine Weingläser A und B (Fig. 200) in Wasser, drücke sie mit den Rändern so aufeinander, daß beide nach dem Herausnehmen ganz gefüllt bleiben, und stelle sie auf einen Teller. Verschiebe sie vorsichtig ein wenig so aufeinander, daß ein kleiner Spalt zwischen den Rändern ent-

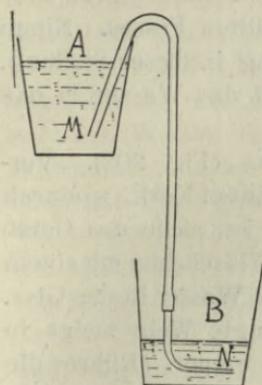


Fig. 199.

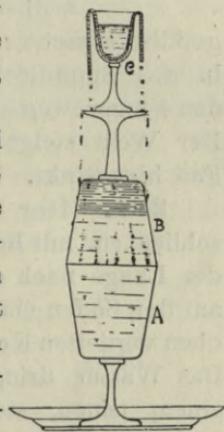


Fig. 200.

steht. Tropfe Rotwein auf den Fuß von B. Er breitet sich langsam aus, dringt, sobald er den Spalt erreicht hat, durch ihn hindurch und steigt in dünnen roten Fäden im Innern von B empor. Das Wasser in A färbt sich nicht. (LN 15, 96; 1897 nach Le Chercheur [Arthur Good].) Vgl. S. 119 Nr. 235.

b) Man kann auch auf den Fuß von B ein kleines mit Rotwein gefülltes Glas C stellen, dessen Rand kleiner ist als der von A und B, und in den Wein einen Docht (oder eine Strähne wollenes Garn) so legen, daß seine Mitte auf dem Boden von C liegt und die Enden außen hinabhängen. An den Enden dieses Hebers perlen bald Weintropfen hervor, fallen auf den Fuß von B und fließen von da auf der Außenwand langsam bis zu dem Spalt zwischen A und B hinab. Sie dringen durch diesen und steigen in B in feinen roten Fäden empor. Schließlich ist A mit reinem Wasser und B mit einer roten Flüssigkeit gefüllt, während sich C entleert hat. (TT 1, 47.)

c) Fülle ein Weinglas mit Rotwein und ein anderes gleich großes mit Wasser. Bedecke das Glas Wasser mit einem Blatt Briefpapier und stelle es umgekehrt auf das Glas Wein. Zieh recht behutsam das Blatt etwas zur Seite (Fig. 201). Die Berührungsstelle beider Flüssigkeiten darf nicht zu groß werden. Das schwerere Wasser sinkt in das untere mit Wein gefüllte Glas und verdrängt nach und nach den Wein. Dieser steigt in dem obren Glas empor. Schließlich enthält das ursprünglich mit Wasser gefüllte Glas den Wein und das andere Glas jetzt das Wasser. (C 1, 79 nach französischer Quelle.)

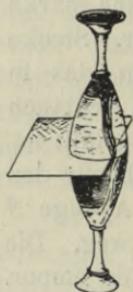


Fig. 201.

**283.** Die weintrinkende Flasche. Verschließ eine ganz mit Wasser

gefüllte Flasche mit dem Finger, kehre sie um und stecke ihren Hals in das Spundloch eines ganz mit Rotwein gefüllten Fasses. Nimm den Finger weg und halte die Flasche eine Zeitlang in dieser Stellung. Der Wein steigt in die Flasche hinein, während das Wasser in das Faß hinabsinkt. (T T 1, 43.)

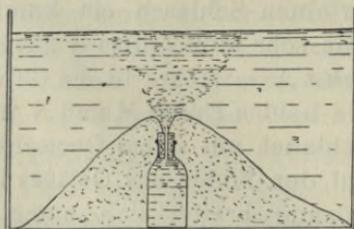


Fig. 202.

**284.** Der Feuerberg im Weißbierglas (Fig. 202). Verschließ ein mit Rotwein gefülltes Fläschchen mit einem Kork, wodurch der Länge nach ein enges Loch gebohrt worden ist, stelle das Gefäß auf den Boden eines Weißbierglases, umkleide das Fläschchen mit einem oben vertieften Kegel aus Gips oder Lehm und gieß Wasser in das Glas. Das Wasser dringt in die Flasche. Der verdrängte Wein steigt in einem feinen, sich oben ausbreitenden Faden empor. Rühre die oberste Schicht des Wassers etwas um. Der rote Weinstreifen sieht aus wie eine vom Winde bewegte Rauchsäule. (T T 1, 45.)

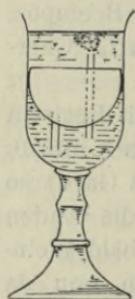


Fig. 203.

**285.** Der Freihandel (Fig. 203). Bohre mit einem Zahnstocher (Gänsefederspule) zwei Löcher nebeneinander in den Boden einer halben Apfelsinenschale und setze diese, mit der gelben Fläche nach unten gekehrt, in ein Glas ein. Der Durchmesser der Schale muß etwas größer als der des Glases sein, damit sich die Apfelsine an die Glaswand andrückt. Gieße in die Schale Rotwein (er fließt durch die Löcher hindurch), bis seine Oberfläche die Unterseite der Schale berührt. Fülle nun das Glas fast ganz mit Wasser. Durch das eine Loch steigt ein Weinfaden bis zum Wasserspiegel empor, durch das andere Loch sinkt das schwerere Wasser auf den Boden des Glases. Nach einiger Zeit ist der Wein über der Apfelsinenschale und das Wasser darunter. Man kann auch durch die Löcher die Federspulen (Zahnstocher) so hindurchstecken, daß die eine

von dem Boden des Glases bis zu dem Boden der Schale und die andere von dem Boden der Schale bis zu ihrem obern Rande reicht; doch sind beide Röhren entbehrlich. Enthaltene können den Versuch umgekehrt machen und auf den Boden des Glases Wasser und in die Schale eine Flüssigkeit gießen, die, wie z. B. Milch, schwerer als Wasser ist. Das Wasser wandert aufwärts und die Milch abwärts. (T T 3, 15.)

**286.** Essig und Öl. Ein bequemer und pffiger Teilnehmer an einem Ausfluge hatte, um sich möglichst wenig zu belasten, Essig und Öl, seine Beiträge zu dem Mahl im Grünen, in eine Flasche geschüttet. Er goß nach Wunsch bald Essig, bald Öl aus der Flasche. Entkorkte er die Flasche und neigte er sie etwas, so konnte er Öl abgießen. Verkorkte er die Flasche und drehte er sie langsam vollständig um, so sammelte sich der Essig im Hals, und er konnte ihn in dünnem Strahl ausgießen, wenn er den Kork etwas lüftete. (T T 2, 21.)

**287. a)** Die Reichsfarben. Gieß kochendes Wasser in ein Becherglas. Fülle vorsichtig mit einem Trichter, der bis auf den Boden des Glases reicht, Rotwein, der vorher gut in Eis abgekühlt worden ist, auf den Boden des Glases. Dort bildet sich eine deutlich abgesonderte rote Schicht. Zieh den Trichter behutsam heraus. Laß auf dem Wasser ein Stück Papier oder Brot oder eine Korkscheibe schwimmen, halte mitten darauf einen Stab und gieß daran entlang mit Tinte gefärbten Weingeist langsam auf den Wasserspiegel (Fig. 204). Man kann auch den Stab in der Mitte der Korkscheibe befestigen. (Poske, Z F 2, 70; 1885.) Der Inhalt des Glases zeigt nun die Reichsfarben. Stelle eine brennende Kerze hinter das Glas und wirf die drei Farben auf die Wand oder die Tür. Laß das Wasser sich abkühlen oder setze das Glas in ein Gefäß mit kaltem Wasser. Der Wein steigt in feinen roten Fäden empor, schwarze Streifen des Weingeistes sinken abwärts, und alle drei Flüssigkeiten mischen sich allmählich. (T T 1, 41.)

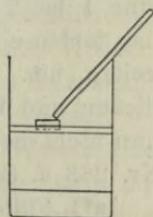


Fig. 204.

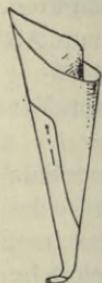


Fig. 205.

**b)** Elementarwelt. Gieß stark gezuckerten kalten Kaffee auf den Boden eines Schaumweinkelchs. Drehe eine Papiertüte, biege die Spitze rechtwinklig um, schneide das Ende so ab, daß eine nadelfeine Öffnung entsteht (Fig. 205). Gieß etwas reines Wasser hinein und laß es wagerecht aus der Tütenöffnung gegen die Glaswand strömen. Es schichtet sich langsam über den Kaffee. Höre mit dem Eingießen des Wassers auf, sobald es eine ebenso hohe Schicht wie der Kaffee gebildet hat. Schichte auf das Wasser mit einer andern Tüte stark gefärbten Südwein, darauf mit einer dritten Tüte Öl und auf dieses mit einer vierten Tüte Weingeist. Alle Schichten sind deutlich voneinander getrennt; ihre Farben-

folge von unten nach oben ist: braun, weiß, rot, gelb und weiß. (T T 2, 19.)

c) Vier Elemente. Fülle eine an einem Ende zugeschmolzene ~ 1 cm weite und 20 cm lange dickwandige Glasröhre mit Quecksilber, mit einer gesättigten wässrigen durchgefilterten Lösung von Kaliumkarbonat, mit starkem Weingeist, der mit Fuchsin rot gefärbt worden ist, und mit Benzol (Terpentinöl oder Steinöl). Jede der vier Flüssigkeiten soll ein Fünftel der Röhre einnehmen. Beim Umkehren und Schütteln mischen sich zwar die Flüssigkeiten, doch bald sondern sie sich wieder voneinander.

d) Schichte in einem Pulverglas Quecksilber, eine Lösung von Cuprisulfat, Öl und Wasser übereinander. (W E 47.)

### 3. Durchdringung.

(Freie Diffusion.)

**288. a)** Fülle ein hohes Einmacheglas mit Wasser und bringe mit einem Glasstab einen Tropfen Eosinlösung (0,5 gr Eosin in 100 cm<sup>3</sup> Wasser) auf die Wasseroberfläche. Der Tropfen breitet sich auf dem Wasserspiegel aus und sinkt in Fäden hinab. Stelle ein weißes Blatt Papier hinter das Einmacheglas und mache so die Erscheinung deutlich sichtbar. Nach einigen Minuten verwandeln sich die Fäden in wolkige Säulen. Nach einigen Stunden hat sich auf dem Boden eine 1 bis 2 cm hohe rote Schicht angesammelt, die unmerklich in das farblose Wasser übergeht. Rühre mit einem Glasstab die Flüssigkeiten um. Die Bodenschicht erhebt sich in Wirbeln. Diese zerfließen und färben das Wasser gleichmäßig. Der gelöste Stoff sinkt nun nicht mehr hinab. (E. Detlefsen, Z F 2, 249; 1885.) Vgl. S. 132 Nr. 263 u. S. 160 Nr. 339.

a\*) Fülle den Bildwurfrog (F 3, 153, 302 u. S. 388) mit Weingeist, stelle ihn vor die Beleuchtungslinse und bringe Tropfen von Anilinfarbstoffen, die in Weingeist gelöst worden sind, mit einem Glasstab an die innere Glaswand oberhalb des Flüssigkeitsspiegels. Sie fließen hinab und bilden im Weingeist schöne Kohäsionsfiguren. Besonders fesselnd wird das Schauspiel, wenn man in ~ 12 mm Abstand verschiedenartige Tropfen antupft. (R 2, 75.)

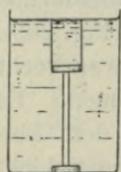


Fig. 206.

b) Wiederhole Versuch Nr. 264 (S. 133) unter Verwendung hoher Flaschen oder Einmachegläser.

**289. a)** Fülle eine kleine Flasche mit einer Salzlösung, verschließe sie mit einem aufgeschliffenen Deckel und stelle sie auf den Boden eines großen mit reinem Wasser gefüllten Einmacheglases, nimm den Deckel behutsam ab und überlaß die Vorrichtung einige Stunden sich selbst. (Graham, Phil. Trans., 1850.)

b) Hänge oder stelle eine weithalsige Flasche von ~ 2,5 cm Durchmesser und 10 cm Höhe in ein großes Einmacheglas (Fig. 206),

fülle das innere Gefäß bis zum Rande mit einer farbigen Salzlösung und gieße in das Einmacheglas so viel Wasser, daß es  $\sim 3$  mm über dem Rande des innern Gefäßes steht. Das Durchdringen beginnt sofort, die Salzlösung fließt über den Rand der weithalsigen Flasche und wird an deren Mündung durch fast reines Wasser ersetzt. (G 31.)

**290.** Schichte in einem großen Einmacheglas über eine schwerere Flüssigkeit eine leichtere (vgl. S. 137 u. 139 Nr. 281 u. 287) und bringe in die Flüssigkeit eine Anzahl hohler Glaskügelchen von verschiedener Dichte, die so ausgesucht sind, daß zunächst alle auf der Trennungsschicht beider Flüssigkeiten bleiben. Sobald sich die Dichten der verschiedenen wagerechten Schichten ändern, sinken einige Kügelchen in die untere Flüssigkeit ein, während andere in die obere emporsteigen. (W. Thomson, Encycl. Brit. 11, 586; 1856.)

**291.** Fülle ein Prüfröhrchen  $\sim 3$  cm hoch mit Glycerin und schichte darüber  $\sim 3$  cm hoch eine gesättigte Cuprisulfatlösung (vgl. S. 139 Nr. 287). Beide Flüssigkeiten zeigen anfangs eine ziemlich scharfe Grenze. Nach einer Stunde aber hat sich das Glycerin bläulich gefärbt, und nach einem Tage sehen beide Flüssigkeiten ganz gleichartig aus. (R 1, 94.)

**292. a)** Schichte in einem Einmacheglas eine gesättigte Lösung von Cuprisulfat unter Wasser und laß die Vorrichtung einige Tage stehen. (Vgl. S. 139 Nr. 287.)

**b)** Schichte ebenso *a)* Salzsäure unter blaue Lackmuslösung,  *$\beta$* ) Natriumsilikat (Wasserglas) unter Wasser,  *$\gamma$* ) Glycerin unter Wasser,  *$\delta$* ) Kaliumchromat- oder Natriumchromatlösung (3 Gwt. des Salzes auf 5 Gwt. Wasser) unter Wasser,  *$\epsilon$* ) Kaliumdichromat unter Wasser. — Das Eindringen einer Salzlösung in darübergeschichtetes Wasser läßt sich innerhalb einer Stunde nur dann gut beobachten, wenn man für eine recht scharfe Trennungsfläche sorgt. Gelingt es nicht, eine solche schon bei dem Einfüllen der Flüssigkeiten zu erzielen, so bringe man das weitere Ende eines Haarhebers an die untere Grenze des Mischstreifens und hebere diese Schicht ab. (V A 118.)

**293.** Schichte diese Flüssigkeiten (Nr. 292) in verbundenen Gefäßen übereinander.

**294. a)** Fülle ein Prüfröhrchen (oder eine längere Glasröhre, die an einem Ende geschlossen ist) mit Wasser und kehre es unter Wasser in einem größern Einmacheglas um. Ziehe mit einem Heber das Wasser aus dem Einmacheglas so vollständig wie möglich ab und gieß dafür eine Lösung von Kaliumpermanganat ein. Füge, damit diese möglichst tief gefärbt bleibt, noch einige Kristalle des Salzes hinzu. An dem allmählichen Vordringen der Färbung in dem Wasser kann man das Fortschreiten des Durchdringens leicht verfolgen. Nach einer Stunde ist die Grenze verwaschen. Fast ebenso rasch dringt anfangs in Wasser ein die in den Tauchketten verwendete Mischung von Kaliumdichromat und Schwefelsäure. Bunsen gibt

für die Herstellung jener Mischung folgende Vorschrift: Reibe 92 gr Kaliumdichromat mit 94 cm<sup>3</sup> Schwefelsäure zu einem gleichförmigen Brei zusammen, setze, ehe dieser erstarrt, 900 cm<sup>3</sup> Wasser zu und rühre, bis alles gelöst ist. — Sehr langsam dringt Cuprisulfat in Wasser ein.

b) Gieß Weingeist, der mit Fuchsin tief rot gefärbt worden ist, in die Röhre, verschließe sie mit dem Finger, stülpe sie unter Wasser in dem Einmacheglas um und zieh den Finger weg. Der am Finger haftende Farbstoff bewirkt eine schwache Färbung des Wassers. Entferne dieses Wasser mit dem Heber und ersetze es durch reines. — (C. Bohn, Z F 3, 276; 1886.)

c) Fülle ein Prüfröhrchen mit Schwefelsäure und stülpe es umgekehrt in einem großen Einmacheglas voll Wasser um.

d) Fülle ein Prüfröhrchen mit Wasser und stülpe es in einem Glas mit Öl um.

**295.** Fülle ein Standglas C (Fig. 207) von ~ 4 cm lichter Weite halb voll Wasser W, das mit Pikrinsäure gelb gefärbt worden ist. Durchbohre einen Kork E, der etwas dünner als das Glas ist, der Länge nach und stecke ein beiderseits offnes Glasröhrchen R durch das Loch. Wickle um den Rand des Korks einen dicken wollenen Faden, damit der Stopfen das Glas lose verschließt und doch fest sitzt. Gieß auf die obere Fläche des Korks Weingeist, der mit Anilinblau gefärbt worden ist. Er dringt in den Wollenfaden, der um den Rand des Korks gewickelt worden ist, rinnt an der innern Glaswand hinab und lagert sich bei LL mit scharfer Grenze auf das Wasser. Die verdrängte Luft entweicht durch das Röhrchen R. Überlaß die Vorrichtung einige Tage sich selbst und beobachte das Durchdringen beider Flüssigkeiten. (F. Melde, Z F 3, 200; 1886.)

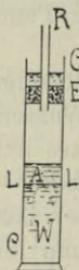


Fig. 207.

Melde richtete auf die Grenze LL einen Spektralapparat und erhielt im Gesichtsfelde zwei verschiedene Absorptionsspektren übereinander. In dem Maße, wie das Durchdringen der Flüssigkeiten fortschritt, änderten sich die Spektren und wurden nach einigen Tagen einander gleich.

## § 20. Durchgang.

(Osmose.)

**296. a)** Lege ein Stück trockne Tierblase in lauwarmes Wasser. Sie erweicht und quillt auf.

b) Lege ein Stück aufgeweichte Tierblase in Weingeist. Sie erhärtet und schrumpft ein.

c) Lege ein Stück Kautschukhaut in Weingeist und ein anderes in Wasser.

d) Fülle einen Kautschukluftballon ganz mit Wasser, binde ihn fest zu. Er läßt Wasser hindurch. (G 51).

**297.** Herstellung von Pergamentpapier. Mische langsam 1000 cm<sup>3</sup> käufliche Schwefelsäure mit 500 cm<sup>3</sup> Wasser (beachte ja F 1, 28), kühle die Mischung auf  $\sim 15^{\circ}$  C ab, gieße sie in eine flache Schale und zieh ein Blatt schwedisches Filterpapier so hindurch, daß jeder Teil des Papiers  $\sim 5$  Sekunden lang mit der Flüssigkeit in Berührung bleibt. Tauche sofort das Papier in einen Eimer Wasser und nach wenigen Minuten in einen Behälter unter dem Wasserhahn. Spüle es dort eine Viertelstunde lang ab, füge dann einen oder zwei Tropfen Ammoniak hinzu und setze das Abspülen fort. Bewahre das Papier feucht auf. Ein 2,5 cm breiter Streifen sollte wenigstens eine Belastung mit 10 kg\* aushalten. (G 126 Nr. 112.) Es ist ratsam, das Pergamentpapier fertig zu kaufen.

**298. a)** Fülle ein weites Prüfröhrchen ganz mit Weingeist, binde es mit angefeuchteter Tierblase zu und stelle es in einen großen Behälter voll Wasser. Nach 5 bis 6 Stunden ist Wasser in das Prüfröhrchen gedrungen und die Blase nach außen gewölbt und gespannt. Stich mit einer Nadel in die Blase. Ein Flüssigkeitsstrahl spritzt höher als 30 cm empor.

b) Fülle ein anderes Prüfröhrchen mit Wasser, verschließ es mit angefeuchteter Tierblase und stelle es in ein Gefäß voll Weingeist. Die Blase wölbt sich nach innen. — (Nollet, Histoire de l'Académie des sciences; 1768.)

**299. a)** Sprenge eine kleine weithalsige Flasche (30 cm<sup>3</sup>)  $\sim 1,5$  cm über dem Boden ab (F 1 § 8, 7), schleife den untern Rand eben (F 1 § 8, 3) und stumpfe die äußere Kante des Randes auf einem Schleifstein ab. Bestreiche gleichmäßig mit etwas Talg (oder mit einer Mischung von gleichen Gewichtsteilen gelbem Wachs und gelber Vaseline) den abgeschliffenen Rand, zieh darüber recht straff ein Stück einer Kalbsblase oder ein Blatt Pergamentpapier, das zuvor in lauwarmem Wasser aufgeweicht worden ist, binde es mit einem dünnen Bindfaden oder mit weichem Kupferdraht fest, den du glatt nebeneinander 6- bis 8 mal straff um das Glas windest, und schneide die vorstehenden Zipfel der Blase mit einer scharfen Schere weg. Passe in den Hals des Glases recht streng einen durchbohrten Kautschukstopfen oder einen weichen Kork und setze darin eine  $\sim 3$  mm weite und 10 bis 20 cm lange beiderseits offene Glasröhre ein (Fig. 208). Fülle die Flasche nach dem Abnehmen des Pfropfens mit einer Zuckerlösung ( $\sim 20$  gr Zucker in 20 cm<sup>3</sup> Wasser), setze den Stopfen wieder auf und hänge das Gefäß mit drei Drahhaken, wie es Fig. 208 zeigt, an dem Rand eines größern Behälters voll Wasser auf oder schiebe den Hals des Fläschchens



Fig. 208.

in den Ausschnitt eines Brettchens (Fig. 209) und lege dieses auf den Rand eines Wasserglases. Tauche dabei das Fläschchen schräg ein, damit unter der durchlässigen Haut keine große Luftblase entsteht. Bei dem Einsetzen des Propfens in das volle Fläschchen steigt die Flüssigkeit etwas in die Röhre, bald aber baucht ihr Druck die Blase etwas aus, und die Flüssigkeit in der Röhre fällt wieder.

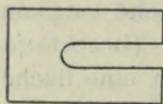


Fig. 209.

Das Sinken der Flüssigkeit hört nach kurzer Zeit auf (bezeichne mit einem kleinen Schlauchring den tiefsten Stand), und nun steigt die Flüssigkeit wieder langsam in der Röhre. (So weit ist der Versuch vor dem Unterricht vorzubereiten.) Im Lauf einiger Stunden steigt die Flüssigkeit um einige Zentimeter. Dutrochet. (W V 149. W D 174. R 1, 94.) Weinhold (W D 174) und Rosenberg verwenden statt des geraden Röhrens eine enge wagerecht umgebogene Röhre (Fig. 210) und zur Füllung des Fläschchens eine bei der herrschenden Warmheit nahezu gesättigte Lösung von Kaliumchromat, Natriumchromat oder Cuprisulfat. Nach dem Aufsetzen des Stopfens soll die Flüssigkeit im wagerechten Schenkel der Röhre nahe bei der Biegung stehen. Volkmann (V A 117) läßt, um den bedeutenden Druck schnell sichtbar zu machen, die zutretende Flüssigkeit auf Quecksilber in recht engem Steigrohr wirken oder verschließt das mit Luft gefüllte Steigrohr oben derart, daß ein geschlossener Spannungsmesser von 10 bis 20 cm Länge entsteht. Mit gutem Pergamentpapier und starker Zuckerlösung erzielt er innerhalb einer Stunde fast eine Atmosphäre Überdruck. (Vgl. Nr. 307 b.)

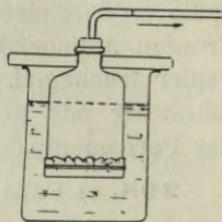


Fig. 210.

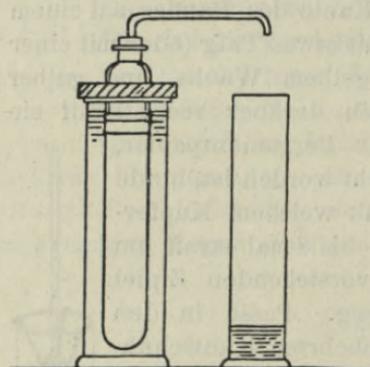


Fig. 210 a.

b) Stelle eine zweite Vorrichtung her und fülle das Fläschchen mit Cuprisulfatlösung oder mit Weingeist.

c) Wiederhole den Versuch mit einem Fläschchen, das mit einer dünnen Kautschukhaut verschlossen, mit Weingeist gefüllt und in Wasser eingetaucht worden ist.

c\*) Binde einen 20 cm langen und 2 cm weiten Schlauch aus Pergamentpapier über ein abgesprengtes passendes Pulverglas (Fig. 210a) und schließe das andere Schlauchende mit

Chromatleim (M T 20 u. R 1, 74). Fülle die Vorrichtung mit Salzlösung (Natriumchlorid, Cuprisulfat, rüste sie mit Stopfen und Übersteigerrohr aus und hänge sie in ein Standglas mit Wasser. Bald fließt die Lösung aus dem Rohr, und das äußere Wasser schmeckt salzig. (M T 114.)

d) Biege ein weites Glasrohr A B (Fig. 211) knieförmig um, setze in das Ende B einen durchbohrten Kautschukstopfen ein und schiebe durch ihn eine knieförmig gebogene enge Röhre D C, die bei C mit einer dünnen Kautschukhaut verschlossen ist. Fülle in A C Weingeist und in D C Wasser.

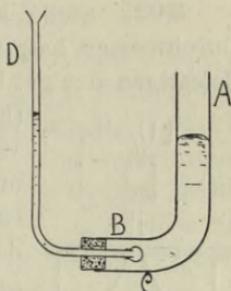


Fig. 211.

**300.** a) Fülle eine Prüfröhre ~ 5 cm hoch mit einer gesättigten Zuckerlösung, binde ein Stück Goldschlägerhaut über die Mündung und stelle die Röhre umgekehrt in ein kleines Glas mit Wasser. Mache in das obere geschlossene Ende des Prüfröhrechs ein Loch und laß die Vorrichtung einige Tage stehen.

b) Binde über die eine Mündung eines Lampenglases eine Goldschlägerhaut, fülle die Röhre bis zur Einschnürung mit einer gesättigten Cuprisulfatlösung und stelle sie in einen großen Behälter mit Wasser. Jolly. (W A 6 Nr. 6.)

**301.** a) Binde einen Beutel aus Goldschlägerhaut über das eine Ende einer Glasröhre und verbinde ihr anderes Ende durch einen kurzen Kautschukschlauch mit einer gebogenen Glasröhre, die durch das eine Loch eines Kautschukstopfens geht (Fig. 212). Der Pfropfen, dessen andere Durchbohrung offen bleibt, wird später auf eine weithalsige Flasche (250 cm<sup>3</sup>) gesetzt. Stecke eine Tropfröhre, deren Ende lang und dünn ausgezogen ist, in die gerade Glasröhre und fülle den Beutel mit dickem Zucker-Sirup. Verbinde die gekrümmte Röhre wieder mit dem Beutel, laß ihn eine Zeitlang in der Flasche hängen und überzeuge dich so, daß er kein Loch hat. Gieß dann Wasser in die Flasche, bis es den Beutel bedeckt. Sofort steigt die Flüssigkeit in der Glasröhre und fließt nach einiger Zeit aus. Wird das Ende der Glasröhre zugekittet, so schwillt der Beutel und zerreißt.

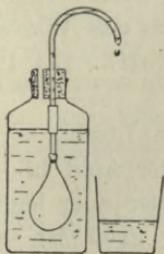


Fig. 212.

b) Bringe den Zucker-Sirup in die Flasche und Wasser in den Beutel. Der Beutel schrumpft zusammen.

c) Lege Pflaumen oder Beeren in Wasser oder in Zucker-Sirup. — (W 44 Nr. 49.)

d) Schneide einen Rettich (eine Mohrrübe) oben ab, höhle ihn so aus, daß noch eine 4 bis 6 mm dicke Wand stehen bleibt und fülle die Höhlung mit gestoßenem Zucker. Nach einiger Zeit ist er in eine gesättigte Lösung verwandelt, die umgebende Rettichwand aber zusammengeschrumpft.

e) Schütte eine Flasche voll Erbsen und fülle alle Zwischenräume mit kaltem abgekochtem Wasser aus. Verkorke die Flasche fest und

achte darauf, daß zwischen dem Wasser und dem Kork keine Luft bleibt. Umwickle die Flasche mit einem Tuch. Sie zerspringt.

**302.** Stelle an einem Glasrichter, dessen Rand 12 bis 15 cm Durchmesser hat, mit Siegelack einen Bodenkranz her, damit beim Befestigen der gut befeuchteten Tierblase der Bindfaden nicht abgleitet

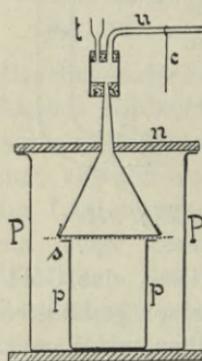


Fig. 213.

(Fig. 213). Gieße in das größere Glasgefäß PP reines Wasser, stelle ein Trinkglas pp hinein und lege, um die Ausbiegung der Tierblase zu verhüten, ein starkes Drahtnetz s darauf. Stelle den Trichter auf den Tisch, fülle ihn mit gesättigter Cuprisulfatlösung, setze ihn auf das Drahtnetz und Sorge dafür, nötigenfalls durch Belastung, daß das Brett n den Trichter fest andrückt. Gieße in PP so viel Wasser, daß es einige Zentimeter über dem Rande von pp steht. Befestige an dem Trichter den oberen Teil t u c der Vorrichtung, gieß durch das Trichterchen t so viel Cuprisulfatlösung nach, als nötig ist, um die Flüssigkeit bis zu dem Punkt c zu treiben, der mit

einem weißen Bindfaden oder Papierstreifen bezeichnet ist, und überlaß dann die Vorrichtung sich selbst. Die Flüssigkeit in der wagerechten Glasröhre verläßt den Punkt c und tropft nach einigen Minuten heraus. Zugleich färbt sich in dem Trinkglas das Wasser, dem etwas Ammoniak zugesetzt worden ist. (K. Antolik, Z 4 127 Nr. 15; 1891.)

**303.** Wirf Ferrichloridstücke in eine verdünnte Lösung von Kaliumferrocyanid. Das niedergeschlagene Ferri-Ferrocyanid bildet eine Haut, die für die Salze undurchlässig, für Wasser aber leicht durchlässig ist. Da im Innern der Salzgehalt sehr groß ist, so wird von außen Lösungsmittel durch die Haut hineingesogen. Diese dehnt sich aus, nach wenigen Sekunden kann sie dem Druck nicht mehr widerstehen, sie zerreißt an einer Stelle, und aus dem Riß schießt mit großem Druck die starke Ferrichloridlösung hervor. Um diese bildet sich sofort wieder eine Haut usw., so daß aus den Kristallen eine Gruppe von Schläuchen und farrenartigen Gebilden aufwärts wächst. (Traube. Danneel, Elektrochemie [Sammlung Göschen Nr. 252] 1, 36.) — Der Versuch läßt sich auch mit Calciumchlorid in verdünntem Wasserglas und mit anderen Salzen ausführen. Er eignet sich zum Bildwurf.

**304.** Stelle in einem viereckigen Gefäß eine dicke Wand von Eis her, bringe auf die eine Seite Wasser und auf die andere eine Lösung. Die Eiswand wandert nach der Wasserseite, indem das Eis auf der Lösungseite schmilzt, auf der Wasserseite ankristallisiert.

**305.** Fülle ein Trinkglas mit Rohrzuckerlösung und ein anderes mit Wasser und stelle beide in ein geschlossenes Gefäß.

Das Wasser dampft aus seinem Glas in das andere hinüber. Die Luft ist hier gleichsam eine halbdurchlässige Wand. (Danneel, a. a. O. 1, 37.)

**306.** Bringe mit einer fein ausgezogenen Glasröhre einen Tropfen starker Kaliumferrocyanidlösung in eine mittelstarke Cuprisulfatlösung (1 Gwt. gesättigte Cuprisulfatlösung und 4 Gwt. übergedampftes Wasser). Es bildet sich sofort um den Tropfen eine Haut von Cupriferrrocyanid. Sie schwimmt bei vorsichtiger Handhabung wie ein kleines Schiff. In die Haut wird Wasser hineingesogen, und die Cuprisulfatlösung wird in der Nähe der Haut stärker. Man sieht mit bloßem Auge, wie Schlieren dieser schwerern Cuprisulfatlösung nach unten sinken. Wie man diese Schlieren einer größern Anzahl Zuschauer sichtbar machen kann, wird in der Optik (F 3, 162, 330 u. 331) gezeigt. (Traube. Tammann, Wied. Ann. 34, 229; 1888. Nernst, Theor. Chemie<sup>1</sup> 119.)

**307.** Herstellung einer halbdurchlässigen Haut. a) Setze eine Tonzelle (4,6 cm hoch, 1,6 cm lichte Weite und ~ 0,2 cm Wandstärke) in einen Behälter mit Wasser, sauge die Luft ab (vgl. Nr. 397 und 398) und durchtränke so die Zelle vollständig mit Wasser. Lege sie dann einige Stunden lang in eine dreiprozentige Cuprisulfatlösung. Spüle schnell die Innenwand einige Male mit Wasser aus und trockne sie möglichst schnell mit Filterpapier gut ab. Trockne die Zelle auch außen etwas ab und laß sie so lange an der Luft stehen, bis sie sich eben noch feucht anfühlt. Fülle das Innere mit einer frisch bereiteten dreiprozentigen Lösung von Kaliumferrocyanid, verschließe die Zelle durch einen Gummistopfen, der aber nicht unter den glasierten Rand hinab reichen darf, und stelle sie sofort wieder in eine dreiprozentige Cuprisulfatlösung (die Lösungen müssen innen und außen einen Teil des glasierten Zellenrandes bedecken). Laß sie darin zwei bis drei Tage lang möglichst ruhig stehen. Während dieser Zeit darf an der Zelle weder innen noch außen der rote Niederschlag von Cupriferrrocyanid auftreten. Die Zelle ist nun gebrauchsfertig. Diese Herstellung der halbdurchlässigen Haut erfordert viel Übung und mißlingt häufig. (W. Pfeffer, Osmotische Untersuchungen; Leipzig 1877. H K 108.)

b) Will man bei dem Versuch Nr. 299 a (S. 143) das Austreten der Zuckerlösung völlig verhindern, so durchtränke man das Pergamentpapier nach dem Befestigen an der Vorrichtung mit einer etwa fünfprozentigen Lösung von Cuprisulfat, womit man es einige Stunden in Berührung läßt, spült dann beide Seiten gut ab und läßt eine etwa ebenso starke Lösung von Kaliumferrocyanid auf das Papier einwirken. Es bildet sich eine dünne Schicht von Cupriferrrocyanid, die für Zucker völlig undurchlässig, für Wasser aber durchlässig ist. (VA 117.)

**308.** Kitte die Glasröhre B (Fig. 214) in die kleine Tonzelle A, in deren Wand eine halbdurchlässige Haut nach dem in Nr. 307 angegebenen Verfahren eingelagert worden ist. Fülle A mit einer fünfzigprozentigen Zuckerlösung, schichte darauf blaue Lackmuskullösung bis zum Rande der Röhre B, verschließe diese mit dem Pfropfen C und schiebe durch sein Loch die  $\sim 3$  mm weite Steigröhre D. Befestige diese Vorrichtung mit dem Pfropfen E, der noch das beiderseits offene Glasröhrchen G trägt, in dem Hals der mit Wasser gefüllten Flasche F. Die Zuckerlösung in A nimmt Wasser auf, und die blaue Flüssigkeit in der Röhre D steigt bis zu 40 cm während einer Stunde. (Rüdorff-Lüpke, Grundriß der Chemie<sup>12</sup> 215.)

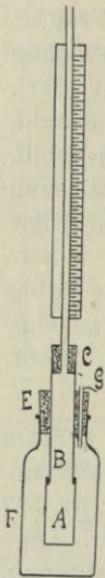


Fig. 214

**309.** Auswählende Löslichkeit. Umbinde eine Glasröhre A (Fig. 215), am einfachsten ein Stück einer abgesprengten Prüfröhre, an ihrem untern Ende fest mit einer Schweinsblase, die in lauwarmem Wasser aufgeweicht worden ist. Sperre die Röhre oben durch einen gut schließenden Kork ab, der in seiner Mitte durchbohrt ist. Fülle die Zelle mit Äther, der reichlich mit Benzol versetzt ist,

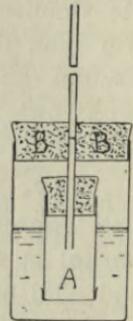


Fig. 215.

stecke ein gutschließendes, ziemlich enges Steigrohr hinein und tauche die Zelle in ein mit Äther gefülltes Gefäß. Der (nicht luftdicht schließende) Kork B dient dazu, die Verdunstung des Äthers zu hemmen und die Zelle festzuhalten. Sättige Lösung und reines Lösungsmittel vorher mit Wasser, damit die in der Blase befindliche Wasserhaut durch die lösende Wirkung des Äthers nicht zerstört wird. Versetze den Äther im Innern der Zelle mit einem färbenden, in Wasser unlöslichen Stoff, um den Versuch besser sichtbar zu machen und um dich gleichzeitig von dem guten Schluß der Blase zu überzeugen. Überlaß die Zelle einige Zeit sich selbst. Der Durchgangsdruck des Benzols erzeugt ein Ansteigen der Äthersäule, das häufig in einer Stunde mehr als 10 cm beträgt. (Nernst, Theor. Chemie<sup>1</sup> 119.)

## § 21. Kolloide.

**310. a)** Gieße in ein hohes Glasgefäß eine erwärmte Lösung von Cuprisulfat und Gelatine und laß sie erkalten. Sie erstarren zu einer festen Gallerte. Erzeuge darüber eine Gallerte, die kein Cuprisulfat enthält. Die blaue Färbung dringt aus dem untern Teil des Gefäßes allmählich nach oben empor.

**b)** Bette Cuprisulfatkristalle in eine erstarrte Gelatinelösung ein. (Chwolson, Lehrb. d. Phys. 1, 665.)

**311.** Fertige aus einer Glasröhre ein Gefäß von der Form, wie es in Fig. 216 abgebildet ist, lege es mit seinem geraden Teil AB wagerecht und fülle es bis zu C mit einem Trichter, über dessen Hals ein Stückchen Gummischlauch gezogen worden ist, mit einem Gemisch von Salzsäure und ziemlich verdünnter Wasserglaslösung. Richte, sobald die Masse fest geworden ist, die Röhre auf und gieße in CD eine Indigolösung. Der Farbstoff dringt in die Gallerte ein und verbreitet sich darin fast mit gleicher Geschwindigkeit nach oben und nach unten. (E. Detlefsen, Z F 2, 249; 1885.)

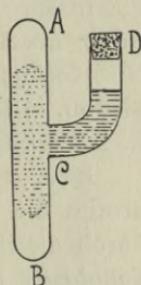


Fig. 216.

**312.** Mische in einem Glas (800 bis 1000 cm<sup>3</sup>) 40 cm<sup>3</sup> starke rohe Salzsäure mit 200 cm<sup>3</sup> Wasser und lege ein (womöglich dünnchaliges) Hühnerei hinein. Rühre die Flüssigkeit mit einem Holzspan vorsichtig um. Etwa nach einer halben Stunde ist die harte Schale unter starkem Schäumen aufgelöst worden. Gieße die Flüssigkeit ab, spüle das Gefäß und das durchscheinend und ganz weich gewordene Ei mit reinem Wasser reichlich ab, laß das Ei in Wasser liegen und erneuere dieses alle Tage zwei- bis dreimal. Das erste Wasser, worin das Ei einige Zeit gelegen hat, schmeckt deutlich sauer und färbt blaues Lackmuspapier rot. Es wandert also die in das Ei eingedrungene Säure wieder heraus. Es tritt fast kein Eiweiß heraus. Dagegen wandert reichlich Wasser in das Ei hinein und treibt dieses stark auf. In drei Tagen wächst seine Masse von knapp 50 gr auf 80 gr. (W V 149.)

**313.** Dialyse. a) Sprenge den Boden einer ~ 8 cm weiten Flasche ab (F 1, 15 § 8, 5) und behandle den untern Rand wie in Nr. 299 (S. 143). Binde über den Rand angefeuchtetes Pergamentpapier, gieße in die Flasche Wasser, worin Kochsalz und gebräunter Zucker gelöst worden sind, und stelle die Vorrichtung auf zwei Klötzchen in eine Schale mit reinem Wasser oder hänge sie an einem Glasstab auf, der quer über dem Rande der Schale liegt. Das Kochsalz geht fast vollständig in das Wasser über, der Zucker aber bleibt in dem Dialysator. Setze zu etwas Wasser, das der Schale entnommen worden ist, drei bis vier Tropfen Silbernitrat. Es entstehen weiße Wolken von Silberchlorid. Man kann auch aus der Flasche einen Ring heraussprengen, ihn mit einem Boden aus Pergamentpapier versehen und diesen Dialysator auf dem Wasser in der großen Schale schwimmen lassen. (Graham, Ann. de ch. et phys. [3] 65; 1862.)

b) Fülle den Dialysator mit einer Mischung aus Gummi arabicum und Kochsalz.

c) Schüttele in einem Fläschchen kräftig durcheinander das Weiße eines Hühnereies mit der drei- bis vierfachen Raummenge Wasser, worin man eine Federmesserspitze voll Pikrinsäure gelöst hat, und

filtere durch Fließpapier. Hast du das Wasser erwärmt, um die Pikrinsäure rascher zu lösen, so laß die Lösung vor dem Zusetzen des Eiweiß erkalten, damit es nicht gerinnt. Gieße die gefilterte gelbe Flüssigkeit in den Dialysator bis zu einigen Millimetern Höhe. Die Pikrinsäure wandert durch die Haut hindurch, nicht aber das Eiweiß. Fülle etwas von dem gelb gefärbten Wasser der großen Schale in ein Kochfläschchen und erhitze es in einem Wasserbade bis zum Sieden. Die Flüssigkeit bleibt klar und enthält daher kein Eiweiß. Dieses würde beim Kochen gerinnen. (W D 175.)

**314.** Sättige Salzsäure mit frisch gefälltem Ferrihydroxyd und bringe die Lösung in den Dialysator. Nur die Salzsäure wandert durch die Haut, und nach einigen Tagen ist in dem innern Gefäß nur kolloidales Ferrihydroxyd zurückgeblieben, das leicht eine Gallerte bildet und sich nicht mehr löst, wenn man Wasser zusetzt und erwärmt. (G. 52.) Heumann-Kühling (H K 721) bringt eine kalte, mit frisch gefälltem Ferrihydroxyd gesättigte Ferrichloridlösung in den Dialysator und erneuert öfter das Wasser. Nach einigen Wochen enthält das innere Gefäß eine Lösung von Ferrihydroxyd, die beim Zusetzen einiger Tropfen einer Kochsalzlösung oder einer Spur verdünnter Schwefelsäure das Ferrihydroxyd in braunen Flocken abscheidet. Zu Dialysatoren eignen sich Kühnesche Pergamentschläuche. Man hängt sie an zwei durchgesteckten Glasstäben, halbkreisförmig gebogen, in ein von Wasser durchflossenes Glasgefäß.

**315.** Löse Aluminiumhydroxyd in einer wässrigen Lösung von Aluminiumchlorid und unterwirf die Lösung der Dialyse. Es entsteht eine wässrige Lösung von Aluminiumhydroxyd. Nach einiger Zeit scheidet sich das Aluminiumhydroxyd als Gallerte aus. Dies geschieht sofort, wenn man zur Lösung eine geringe Menge eines Salzes oder einer Säure oder etwas Ammoniak hinzufügt. Das so ausgeschiedene Hydroxyd löst sich in einem Überschuß der Säure wieder auf. (H. Böttger, Chemie [Buch der Natur 2. Teil 1. Abt.] 263.)

### III. Bewegung der Flüssigkeiten.

#### § 22. Ausfließen.

##### 1. Ausfluss aus einer Bodenöffnung.

**316.** Herstellung eines gleichbleibenden Wasserstandes. a\*) Laß einen Schüler aus einem Becherglas mit Ausguß immer so viel Wasser in dünnem Strahl in das Ausflußgefäß nachgießen, daß der Wasserspiegel darin stets bei einer an der Außenwand angebrachten Marke stehen bleibt. (R 2, 79.)

a) Laß aus einem Schlauch, der mit der Wasserleitung verbunden worden ist, so lange Wasser in das Ausflußgefäß laufen, bis der gewünschte Wasserstand erreicht worden ist, und stelle dann den Wasserhahn so, daß der Stand erhalten bleibt.

b) Bohre in die Wand des Ausflußgefäßes die Ausflußöffnung und zwei Löcher in verschiedenen Höhen. Setze in die obere Öffnung mit einem Kork eine Röhre ein. Leite das Wasser durch das untere Loch zu und durch das obere ab. Besser ist es, an die Wasserleitung ein mit Überlauf versehenes Gefäß anzuschließen, von diesem das Wasser durch Schlauch und Hahn nach dem Ausflußgefäß zu leiten und das zufließende Wasser durch Drahtnetze zu beruhigen.

c) Fig. 217 zeigt die Herstellung eines gleichbleibenden Wasserstandes mit der Mariotteschen Flasche (vgl. Nr. 547 und 548). Verbinde diese durch einen Schlauch mit einer Wandöffnung des Ausflußgefäßes und stelle die Flasche so hoch, daß ihre Ausflußröhre ungefähr in die Höhe des gewünschten Wasserstandes kommt. Verschließe zunächst die Ausflußöffnung, fülle das Ausflußgefäß bis zur beabsichtigten Höhe mit Wasser, stelle die Mariottesche Flasche auf und gib dann die Ausflußmündung frei.

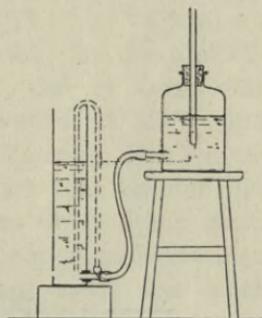


Fig. 217.

d) Die Durchbohrung der Wand des Ausflußgefäßes kann man ersparen, wenn man den Verbindungsschlauch der Mariotteschen Flasche an eine heberförmig gebogene Röhre ansetzt, wie es in der Figur durch Strichelung angedeutet ist. Mit einer solchen Röhre kann man dem Ausflußgefäß das Wasser auch aus der Leitung ohne weiteres zuführen. — (W D 157.) Vgl. S. 64 Nr. 124.

e) F. C. G. Müller (M T 106) benutzt zu Ausflußversuchen unter gleichbleibendem und einstellbarem Druck die Mariottesche Flasche. Er ändert sie so ab, wie es in Fig. 217a angegeben ist. Das Tauchrohr A macht er mindestens 1 m lang. Durch ein zweites Loch des Kautschukstopfens führt er das Winkelrohr B und verbindet es mit dem Wasserleitungshahn oder mit einem an der Wand befestigten Wasserbehälter. Regelt man den Zufluß derart, daß unten an dem Tauchrohr so gut wie keine Luftblasen aufsteigen, dann wird das aus der Flasche fließende Wasser immer wieder ersetzt. Durch verstärkten Zufluß kann man die Druck liefernde und Druck anzeigende Wassersäule in A auf jede gewünschte Höhe einstellen. Dabei gleicht das Luftpolster oben in der mindestens 4 l fassenden Flasche Druckschwankungen schnell aus. Zu diesem Zweck versieht man den Wasserhahn mit einem längern Hebel oder schaltet einen besondern Feinhahn ein. In den Seitenhals der Flasche ist mit einem Schlauchstück ein möglichst weites, 5 cm langes Messingrohr fest ein-

gefügt. Darin setzt man verschiedene Mundstücke aus etwas dünnerm Messingrohr ein.

**317.** Mach in den Boden einer Einmachebüchse ein recht sauberes 2 mm weites Loch und in den Boden einer andern Büchse

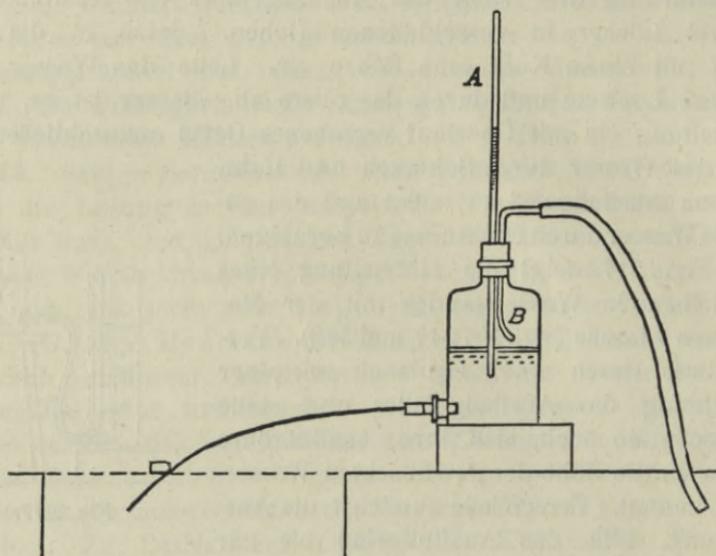


Fig. 217 a.

ein recht sauberes 4 mm weites Loch und stelle einen gleichbleibenden Wasserstand her nach einem der in Nr. 316 angegebenen Verfahren. Miß die Druckhöhe.

a) Bestimme die Wassermenge, die während zwei Minuten ausfließt. Man kann nahe dem Boden mit einem Kork eine weite knieförmig gebogene Glasröhre einsetzen, die als Wasserstandzeiger dient. (Solche in der Sammlung des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums befindlichen Ausflußgefäße hat vor einer Reihe von Jahren Herr Dr. Schiemenz angefertigt.)

b) Wiederhole den Versuch bei einem andern Wasserstande.

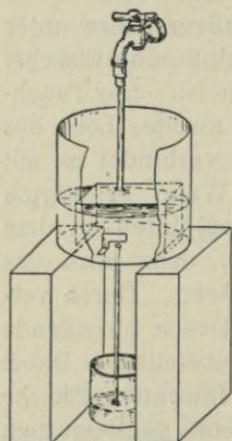


Fig. 218.

**318.** Mach in den Boden einer Blechbüchse, die 12 cm weit und ebenso hoch ist, ein recht sauberes 0,6 cm weites Loch und löte auf den Boden der Büchse über diese Öffnung (Fig. 218) eine Zinkscheibe (5 cm  $\times$  2 cm  $\times$  0,05 cm), um Wirbelbewegungen zu verhindern. Biege aus einer andern Zinkscheibe (14 cm  $\times$  8 cm  $\times$  0,05 cm) eine Brücke und stelle sie über die Öffnung.

Setze das derart vorbereitete Gefäß auf zwei hochgestellte Ziegelsteine

so unter den Wasserhahn, der mit einem Strahlregler versehen ist, daß der Wasserstrahl gegen die Zinkbrücke strömt.

a) Stelle den Hahn so, daß sich der Wasserstand nicht ändert. Miß die Ausflußmenge, den Wasserstand und den Durchmesser des Ausflußstrahls 1 cm unterhalb der Öffnung. Prüfe, ob Torricellis Satz erfüllt wird und ob die Einschnürung des Strahls unverändert bleibt, wenn die Ausflußmenge vergrößert wird.

b) Fülle die Blechbüchse mit Wasser, drehe den Leitungshahn zu, laß das Gefäß sich entleeren und miß die Ausflußzeit. (Goldhammer, A 1, 139 Nr. 32. Sch Sp 1, 67, Nr. 77.) — Volkmann (V A 108) weist darauf hin, daß man die Formel für die Ausflußmenge unter der Voraussetzung berechnet hat, daß in dem Gefäß nur Geschwindigkeiten vorkommen, die verschwindend klein sind gegen die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers. Der Durchmesser des Gefäßes muß also hundertmal so groß sein als der der Ausflußöffnung. Er hält es für vorteilhaft, dieses Gefäß durch einen über den Rand gelegten weiten Heber mit einem gleichbleibenden Wasserstande zu verbinden. Die Ausflußöffnung stellt man nach Rosenberg (R 2, 79) auf folgende Weise her: In ein recht dünnes Messingblech bohrt man mit Drillbohrer und Reibahle ein genau rundes und scharfrandiges Loch von 1 bis 2 mm Durchmesser. Das Blättchen kittet man mit Picein auf die sehr glatte Vorderfläche eines etwa zentimeterweit durchbohrten Korks (Fig. 218a). Diesen setzt man in den Boden des Ausflußgefäßes ein. Am besten läßt man das Wasser einige Sekunden ausströmen, bevor man es auffängt.



Fig. 218 a.

**319.** Zieh das Rohr eines Glastrichters, der 6 bis 8 cm weit ist, zu einer 1 mm weiten Spitze aus. a) Fülle ihn bis zu einer festen Marke nacheinander mit Quecksilber, Weingeist und Wasser und halte in die Flüssigkeiten eine Besuchskarte, um Wirbelbewegungen zu verhindern. Bestimme jedesmal die Ausflußzeit.

b) Wiederhole den Versuch mit den gleichen Raummengen Baumöl oder recht reinem Glycerin. (W D 159.)

**320.** Zeige durch Versuche, die ähnlich wie Nr. 28 (auf S. 18) ausgeführt werden, daß die Ausflußgeschwindigkeit von der Gestalt der Ausflußgefäße unabhängig ist.

## 2. Gestalt des Strahls.

**321.** Setze einen Strahlregler in einen großen Wasserhahn ein und schwäche den Ausfluß so, daß ein durchsichtiger, möglichst dünner Strahl entsteht. Halte ein Blatt weißes Papier hinter den Wasserfaden und miß seinen Durchmesser von der Ausflußöffnung an in Abständen von je einem Zentimeter. Stelle bildlich die Abhängigkeit des Durch-

messers von der Fallhöhe dar, die von dem Drahtgitter des Strahlreglers aus gemessen wird. Berechne aus dem Querschnitt, der  $\sim 10$  cm von der Ausflußöffnung absteht, und aus der gemessenen Ausflußmenge die Ausflußgeschwindigkeit für diese Höhe und vergleiche das Ergebnis mit dem Wert  $\sqrt{2gh}$ . (A 1, 145 Nr. 41.)

**322.** Nachweis der Savartschen Bäuche. a) Schlage mit einer Besuchskarte, mit einem Stück grauer Pappe oder mit einem Blatt grauem weichem Packpapier, das auf einen Rahmen (Zigarrenkistendeckel) geheftet worden ist, rasch durch den zusammenhängenden und durch den trüben Teil eines Wasserstrahls, der aus dem Ausflußgefäß mit der 2 mm weiten Öffnung (vgl. S. 152 Nr. 317) ausfließt. (B L O 83.)

b) Laß aus einer schlank ausgezogenen, 2 mm weiten und mit der Mariotteschen Flasche verbundenen Ausflußspitze unter ganz geringem Druck einen Wasserstrahl lotrecht nach unten ausströmen. Er erscheint nur bis zu 5 cm von der Mündung klar, weiterhin wird er trüb und zeigt Bäuche und Knoten. Mach in diesem Teil die großen und die kleinen Tropfen sichtbar durch kurz dauernde Beleuchtung oder durch stroboskopische Vorrichtungen (F 3, 184, 377). Am besten ist es nach F. C. G. Müller (M T 112), die Erscheinung durch Lichtbildaufnahmen festzuhalten.

**323.** a) Gieß Quecksilber aus einem Gefäß in ein anderes. Es entsteht ein zusammenhängender Quecksilberfaden.

b) Gieß langsam Wasser aus einer Kanne. Es fließt in einem ununterbrochenen Strahl. — (F F 80.)

**324.** a) Schichte in einem Glas ähnlich wie beim Plateauschen Versuch auf blau gefärbtes Wasser etliche Zentimeter hoch eine Lösung von Paraffin in Kohlenstoffdisulfid, die ein ganz klein wenig schwerer als Wasser ist. Man kann auch Paraffin allein nehmen, doch tritt dann die Erscheinung nicht so scharf hervor. Halte eine Glasröhre von 1,2 bis 2,5 cm Durchmesser mit dem Finger oder der Handfläche oben zu und tauche sie in das Wasser. Hebe den Finger hoch und laß in die Röhre Wasser eintreten. Verschließe die Röhre wieder mit dem Daumen, hebe sie empor, bis sich ihr unteres Ende über dem Wasserspiegel, aber noch in der Paraffinlösung befindet, drehe den Daumen ein wenig zur Seite und laß so ganz allmählich Luft in die Röhre eintreten. Das Wasser fließt ganz langsam aus und bildet einen Tropfen, der etwa so groß wie ein Markstück wird. Die Größe, die er vor dem Abfallen erreicht, hängt von der Dichte der Lösung und von dem Durchmesser der Röhre ab. Hat der Tropfen seine volle Größe erreicht, so bildet sich darüber ein Hals, den der Tropfen zu einer Walze auszieht. Der Hals ballt sich zu einem kleinen Tropfen zusammen, der hinter dem großen Tropfen herfällt (B S B 80, 151). Ein Stroboskop, das die Bildung von Wassertropfen zeigt, beschreibt Boys (B S B 149, vgl. auch Phil. Mag. Sept. 1890 und F 3, 184, 377).

b) Fülle die Röhre wie vorher mit Wasser, doch verschließe sie nicht vor dem Herausziehen mit dem Finger. Zieh, sobald die Flüssigkeiten zur Ruhe gekommen sind, die Röhre in ihrer Längsrichtung ziemlich schnell aufwärts. Das Wasser bleibt in Gestalt einer Walze zurück, die von Paraffin umgeben ist (Fig. 219 A), und zerfällt, wenn man eine weite Röhre benutzt hat, so langsam in Kugeln (Fig. 219 B), daß man den Vorgang beobachten kann. Die Höhe der Paraffinschicht muß reichlich zehnmal so groß als der Durchmesser der Röhre sein. (B S B 81, 153.)

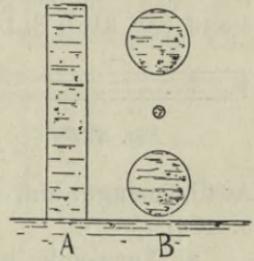


Fig. 219.

c) Bestreiche einen Quarzfaden mit Hilfe eines Strohhalmes mit Rizinusöl. Es bilden sich große und kleine Tröpfchen wie auf einem Spinnenfaden. (B S B 86, 154.)

**325.** Stelle einen Wasserstrahl her, der in seinem zusammenhängenden Teil einen Durchmesser von 0,2 bis 6 mm hat und bis 2,5 m hoch springt. Eine handliche Abmessung hat ein Strahl, der aus einer 1,5 mm weiten Öffnung austritt und 1,20 m hoch steigt. Neige die Ausflußröhre ein wenig, so daß das Wasser etwas seitwärts springt. Befestige an einem Stock etwas Watte, tauche sie in Benzin und zünde sie an. Halte die rußende Flamme so, daß das Wasser hindurchspringt. Der Strahl hört sofort auf zu spritzen. Das Wasser vereinigt sich zu einer Walze und fällt in schmutzigem schwarzem Strom auf das daruntergehaltene Papier. Bringe mit einer Haarröhre etwas Öl in den Strahl. Es tritt die gleiche Wirkung ein. Bidwell. (B S B 92, 157.)

### 3. Ausfluss aus einer Seitenöffnung.

**326.** a) Verschließe gerade Ausflußröhren mit Kappen und setze sie in die Wandlöcher von Baileys Gefäß ein (Fig. 220). Fülle dieses mit Wasser und entferne die Kappe erst von der untern und dann von der obern Ausflußröhre. Vgl. S. 22 Nr. 34b. (B J 15 Nr. 7 und 9.)

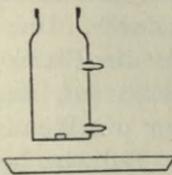


Fig. 220.

b) Setze in drei Löcher der langen Blechröhre (vgl. S. 1 Nr. 1) verkappte Ausflußröhren ein, verschließe die vierte Öffnung wie in der Fig. 221 durch eine verkappte knieförmige Röhre und fülle die Blechröhre mit Wasser. Entkappe die drei geraden Ausflußröhrchen. (B J 16 Nr. 10.)

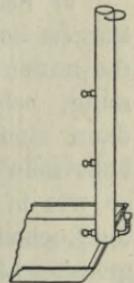


Fig. 221.

**327.** a) Wirf mit Hilfe einer entfernten kleinen Lichtquelle einen Schatten des Strahls, der aus einer Mariotteschen Flasche ausfließt, auf ein Blatt Papier, das auf einem Reißbrett befestigt ist. Bringe das Papier dicht an den Strahl und zeichne mit

einem Bleistifte die Mittellinie des Strahlschattens auf. (A 1, 140 Nr. 34. Sch Sp 1, 66 Nr. 74.)

b) Schließ an die Vorrichtung für den gleichbleibenden Wasserstand (Nr. 316 b S. 151) eine Messingröhre von 7 mm Durchmesser an, die am einen Ende mit einer 2 mm weit durchbohrten dünnen Blechwand verschlossen ist, wie das Fig. 221 a im Durchschnitt zeigt. Weise damit nach den Einfluß des Drucks auf die Ausflußmenge und auf die Gestalt des Wasserstrahls. (V A 30, 89 u. 109).

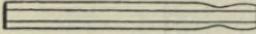


Fig. 221 a.

c) Verwende zwei solche wagerecht gestellte Röhren in verschiedenen Höhen. Die beiden Wasserstrahlen überschneiden sich.

d) Zeige durch Bildwurf mit der Ausflußröhre (b) die Zusammenziehung des Strahls. Volkmann (V A 109) verwendet als Beleuchtungslinse eine plankonvexe Linse von 3 cm Durchmesser und 4,5 cm Brennweite und kehrt die ebene Seite der Lichtquelle zu. In einigem Abstände davon stellt er die Ausflußröhre auf und bildet sie mit einer Linse von 5 cm Brennweite (Lebebild-Wurflinse) ab. (F 3, 155, 312.)

**328.** Mach in die Wand einer Einmachebüchse in einem Zentimeter Abstand vom Boden ein recht sauberes 2 mm weites Loch, stelle einen gleichbleibenden Wasserstand her nach einem der Verfahren, die in Nr. 316 auf S. 150 angegeben worden sind. Miß die Druckhöhe.

a) Fange den Wasserstrahl etwas unterhalb der Ausflußöffnung, wo der Strahl bereits nach abwärts gerichtet ist, mit einem Meßgefäß auf und bestimme die während 2 Minuten ausfließende Wassermenge. Man kann auch die Zeit bestimmen, während der eine bestimmte Wassermenge (200 bis 300 cm<sup>3</sup>) ausfließt. (W D 158.)

b) Miß die Sprungweite des Strahls in einer bestimmten Tiefe unter der Ausflußöffnung.

c) Setze in die Mariottesche Flasche (Nr. 316 e S. 151) einen kurzen Rohransatz ein mit aufgelöteter, sehr dünner Messingplatte, die mitten ein  $\sim 2$  mm weites Ausflußloch hat. Man bohrt diese Öffnung, befreit sie mit einem größern Bohrer vom Grat und treibt dann eine ganz wenig dickere blanke Stricknadel hindurch. Diese hebt man als Lehre auf. (Vgl. Nr. 318 S. 152.) Stelle die Flasche so wie in Fig. 217a neben einer Wanne in solcher Höhe auf, daß die Lochmitte 20 cm über der Tischfläche liegt. Ein über die Wanne gelegtes Lineal gibt die Sprungweite a an. Die aus der Fallhöhe berechnete Ausflußgeschwindigkeit ist  $a \text{ cm}/0,205$ . Sie ist um einige Hundertstel kleiner als die aus der Druckhöhe berechnete. (M T 107. Vgl. R 2, 79.)

d) Zeige durch Bildwurf die Zusammenziehung hinter der Austrittsöffnung. Bestimme die Ausflußmenge in der Sekunde und mit

der Feinschraube den Lochquerschnitt (den Durchmesser der Lehre) und berechne daraus die Größe der Zusammenziehung.

**329.** a) Bohre in die Wand einer weithalsigen Flasche ( $1000 \text{ cm}^3$ ) drei Löcher (Fig. 222). Setze in diese Löcher kurze Röhren ein, die an den äußern Enden nahezu geschlossen sind (vgl. F 1, 19 § 8, 9), und verschließe diese Ausflußröhren mit Kappen, die aus Schlauchstücken und Glasstäbchen oder Schrotkörnern hergestellt worden sind. Fülle das Gefäß ganz mit Wasser und stülpe eine enghalsige Flasche ( $500 \text{ cm}^3$ ) voll Wasser hinein, deren Hals abgesprengt worden ist, um den Wasserstand während des Versuchs unverändert zu erhalten. Ziehe die Verschlusskappen rasch ab. (W 32 Nr. 31.) Den gleichbleibenden Wasserstand kann man auch so wie in Nr. 124 (S. 64) oder in Nr. 316 (S. 150) herstellen.

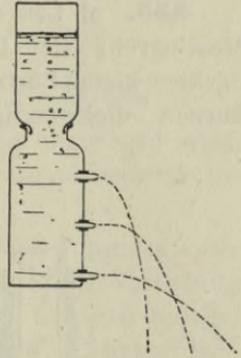


Fig. 222.

b) Bestimme Ausflußmenge, Druckhöhe und Sprungweite für jede Ausflußöffnung.

c) Entferne die Sturzflasche, verkappe alle Ausflußöffnungen, fülle das Gefäß ganz mit Wasser, spanne über seinen Hals eine Kautschukkappe. Ziehe die Verschlusskappen rasch ab, drücke auf die Kautschukkappe und beobachte die Änderung der Sprungweiten. Zu diesem Versuch kann man auch die Vorrichtung in Nr. 34 auf S. 21 benutzen.

**330.** Bohre in ein großes Einmacheglas ein Zentimeter über dem Boden ein Loch und setze dahinein mit einem Kautschukschlauch der Reihe nach kurze Glasröhren, wovon die eine walzenförmig, die andere kegelförmig erweitert und die dritte ausgezogen ist, ferner eine lange Glasröhre, und dann eine kurze und eine lange Haarröhre.

a) Stelle jedesmal denselben gleichbleibenden Wasserstand her und miß die Sprungweite für eine bestimmte Tiefe unter der Ausflußöffnung und die Ausflußmenge in der Sekunde.

b) Wiederhole die Versuche mit befetteten Ansatzröhren.

c) Setze dem Wasser Sägespäne zu und beobachte die Strömungen im Innern des Ausflußgefäßes.

**331.** Stelle, um ein Gefäß mit gleichbleibendem Wasserstand herzustellen, einen Eimer unter den weit geöffneten Wasserhahn in den Ausguß. Verfertige aus einer 100 cm langen und 0,7 cm weiten Glasröhre einen Heber, fülle ihn und setze ihn über den Rand des Eimers. Miß die Ausflußmenge und den Querschnitt des Strahls. Die Sinktiefe ist größer als  $v^2/2g$ ; es tritt also ein Verlust an Wasserdruck ein. (A 1, 140 Nr. 33.)

## § 23. Strömen.

**332. a)** Wirf in einen Bach Holzspäne erst in der Nähe der Ufer, dann in der Mitte des Wassers und beobachte ihre Geschwindigkeit.

**b)** Untersuche ebenso die Geschwindigkeiten an weiten und an engen Stellen des Bachs.

**333. a)** Laß den Klempner in ein bleistiftstarkes  $\sim \frac{1}{2}$  m langes Messingrohr vier bis sechs 3 mm weite glatte Löcher bohren und darüber kleine Stutzen löten. Setze in die Stutzen mit übergestreiften kurzen dickwandigen Kautschukschläuchen gläserne Steigröhren

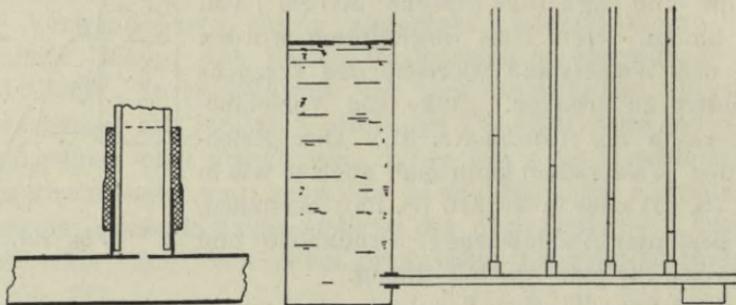


Fig. 223.

wasserdicht ein (Fig. 223). — F. C. G. Müller (M T 108) verwendet eine  $\sim 60$  cm lange und 8 bis 10 mm weite Glasröhre mit drei offenen Rohransätzen und verbindet die Röhre mit dem Abflußrohr der Druckflasche (Nr. 316 e S. 151). — Volkmann (V A 110) benutzt ein  $\sim 10$  mm weites Messingrohr, woran in Abständen von 15 cm fünf oder sechs Stutzen aus dünnwandigem Rohr gelötet sind, und schließt es mit einem weiten Gummischlauch an den gleichbleibenden Wasserstand an (Nr. 316 b). Volkmann beschreibt dort auch wertvolle Hilfsvorrichtungen. — Verbinde das Messingrohr mit einem großen Ausflußgefäß, fülle dieses mit Wasser, das mit Fluoreszeïn gefärbt worden ist. Verschließe das Abflußrohr mit dem Finger und beobachte den Wasserstand in den Steigröhren. Gib die Öffnung frei und untersuche die Wasserstände in den Steigröhren. (W D 160.)

**b)** Wiederhole den Versuch mit dem Rohr, wenn darin der Widerstand durch Einfüllen von Schrot, kleinen Glaskugeln, Perlen erhöht wird.

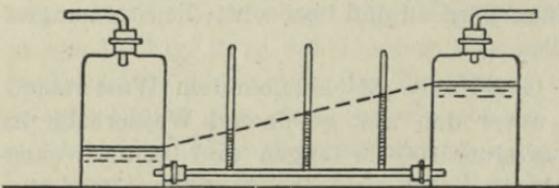


Fig. 223 a.

**c)** Verbinde zwei Klärflaschen durch die bei (a) erwähnte Glasröhre, wie es Fig. 223 a zeigt. Saug das gefärbte Wasser, das im

Gleichgewichtszustande die Flaschen halb füllt, in die eine Flasche herüber und überlaß es dann sich selbst. (M T 108.)

**334.** Saugwirkung. a) Verbinde den engen Teil der Röhre (Fig. 224) mit einem Ausflußgefäß und laß Wasser unter einem Druck von mindestens 1 m hindurchfließen. Verschließe entweder kurze Zeit die Ausflußöffnung mit dem Finger und laß die Röhre vollaufen, oder laß das Wasser anfangs so langsam zufließen, daß es durch das lotrechte Saugrohr abläuft, steigere dann durch allmähliches Öffnen des Zuflußhahns die Geschwindigkeit so weit, daß gefärbtes Wasser kräftig angesogen wird. Brich den Versuch ab, bevor alle Flüssigkeit aufgesogen worden ist. (W D 161.) Vgl. Nr. 660 und 661.

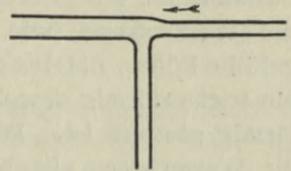


Fig. 224.

b) Hämmere mit einigen Schlägen in ein ebenes, rundes oder quadratisches dünnes Messingblech ( $100 \text{ cm}^2$ ) eine flache Vertiefung von 2 bis 3 cm Durchmesser. Lege das Blech so auf den Spiegel des Wassers in einem Eimer, daß ein ziemlich kräftiger, nicht spritzender Strahl der Wasserleitung, deren Hahn mit einem Strahlregler versehen ist, gerade die Vertiefung trifft. Das Blech sinkt nicht unter. — Photographische Kopien schwimmen beim Wässern oben, solange sie der Wasserstrahl trifft. (Schönhals, Z 17, 221; 1904.)

#### § 24. Wirbelbewegungen.

**335.** Führe eine halb eingetauchte Kreisscheibe oder die ungefähr halbkreisförmig begrenzte Spitze eines Löffels geschwind eine kurze Strecke längs der Wasseroberfläche in einem Glas hin und ziehe sie dann schnell zurück. In der Flüssigkeit bleiben halbe Wirbelringe zurück, deren Achse in der freien Oberfläche liegt. Die Wirbelringe schreiten fort, erweitern sich, wenn sie gegen eine Wand laufen und werden durch andere Wirbelringe erweitert oder verengert. (H. v. Helmholtz, Über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen. Journal f. d. reine u. angew. Mathematik 55, 25; 1858. Wissenschaftl. Abh. 1, 134.)

**336.** Bestäube Wasser mit feinem glänzendem Metallstaub, tauche ein Stäbchen ein und verschiebe es darin. Es entsteht dahinter ein sehr deutlicher Wirbel. (Mach, Leitfaden d. Physik, 74 Nr. 121.)

**337.** a) Durchbohre den Boden eines kreisrunden Gefäßes, wie in Fig. 225, und schließe die Öffnung zunächst durch einen Kork. Setze durch Röhren mit der Hand das Wasser in langsam drehende Bewegung und zieh dann den Kork heraus. Das Wasser der Mitte beginnt auszufließen; es wird durch neues ersetzt, das sich vom Umfange her der Mitte nähert, und dessen Drehung in dem Maße zunimmt, wie dies geschieht. (Vgl. F 1,

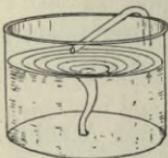


Fig. 225.

156, § 90 Nr. 364.) Nahe der Mitte wird die Schwingkraft dieser sich kräftig drehenden Ringe so groß, daß der Wasserdruck nicht mehr imstande ist, ihre Verengung zu bewirken. Dann bildet sich durch die Wassermasse, wie es Fig. 225 zeigt, eine senkrechte mit Luft gefüllte Röhre, die bis zur untern Öffnung hinabreicht, sich nach oben hin trichterförmig erweitert und gewöhnlich an ihrer Wand schraubenförmig gestreift ist. Diese Röhre hat genau die Form, in der man die Wasserhosen abzubilden pflegt.

b) Wirf in die Röhre einen Kork hinein, der auf der einen Seite weiß und auf der andern schwarz bemalt ist. Er wirbelt so schnell herum, daß beide Farben sich zu gleichmäßigem Grau vermischen. Man kann den Wirbel beliebig lange unterhalten, wenn man das abfließende Wasser durch eine kleine Pumpe wieder hebt und in tangentialer Richtung längs der Gefäßwand wieder in das obere Gefäß so hineintreibt, daß es sich bei seinem Eintritt der Richtung der Wirbelbewegung gleich wieder einfügt. Dazu dient die in der Abbildung angegebene Röhre.

c) Streue in das Wasser Sand. Er sinkt zu Boden, wird schnell in Schraubenlinien gegen die Öffnung gezogen und hinausgespült. Wirf in das Wasser Stückchen von Oblaten. Sie bleiben im Wasser schweben und können viertelstundenlang herumgewirbelt werden, ohne sich der Öffnung zu nähern. Es ist also hauptsächlich das Wasser an dem Boden des Gefäßes, das ausfließt, nachdem es durch Reibung am Glase seine Geschwindigkeit verloren hat. — (H. v. Helmholtz, Wirbelstürme und Gewitter; 1875. Vorträge und Reden 2, 158.)

d) Laß in einen großen Glastrichter in tangentialer Richtung Wasser einfließen. Es bildet sich ein Wirbel. Es fließt nur wenig Wasser aus, auch dann, wenn der Zufluß abgestellt wird. (L F 1, 2, 1394 Nr. 625.)

**338.** a) Gieß Wasser schnell in einen Trichter. Es bildet sich ein Wirbel.

b) Halte die enge Öffnung zu, fülle den Trichter mit Wasser und laß es abfließen, sobald es zur Ruhe gekommen ist. Es bildet sich kein Wirbel. (Mitteilung von Prof. H. Bohn.)

**339.** a\*) Tropfe Kalilauge auf Wasser, dem man etwas Lösung von Phenolphthaleïn in Weingeist zugesetzt hat.

a) Tropfe behutsam Tinte oder Seifenwasser auf Wasser.

b) Laß einen Tropfen einer Lösung von Cochenille in übergedampftem Wasser in ein Einmacheglas fallen, das mit einer Lösung von Alaun oder Ammoniumoxalat gefüllt ist. Es entstehen die Tomlinsonsehen Kohäsionsfiguren.

c) Tropfe Karbolsäure auf Olivenöl, Zuckerlösung auf Alkohol.

d) Tauche einen Glasstab erst in flüssige Anilinfarbe (Fluoreszëin, Ketonblau) und dann in ein Glas, das mit Weingeist gefüllt ist.

e) Tropfe aus kleinen Trichtern mit Baumwollfilter grün gefärbtes Fuselöl auf Petroleum, Lavendelöl auf Weingeist, mit Anilinfarbe gefärbtes Glycerin auf verdünntes Glycerin. (Liesegang, Projektionskunst<sup>12</sup> 234. LF 1, 2, 1411 Nr. 641. Vgl. S. 82 Nr. 160, S. 132 Nr. 263 u. S. 140 Nr. 288, F 3, 155 Nr. 309, 160 Nr. 321.)

**340.** Setze in die eine Schmalseite eines langen Troges mit Glaswänden ein weites Glasrohr ein (Fig. 226). Verschließe das Ende des Rohrs, das in den Trog hineinragt, mit einem durchbohrten Kork und das andere Ende mit einer starken Kautschukhaut. Fülle den Trog und das Ansatzrohr mit Wasser. Färbe das Wasser in dem Rohr mit Indigotinktur, die du mit einer Saugröhre einfließen läßt, und setze dem Wasser im Trog etwas Chlorkalk zu. Schlage mit einem runden Klöppel auf die Haut. Es entstehen blaue Wirbelringe. Der Zusatz von Chlorkalk klärt bald das Wasser im Trog, und man braucht es nicht nach jedem Versuch zu erneuern. (G 64.)

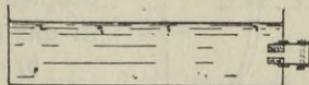


Fig. 226.

## § 25. Die Wucht des Wassers.

### 1. Springbrunnen.

**341. a)** Verbinde eine Glasröhre R (Fig. 227), deren Ende fast zugeschmolzen ist, durch einen langen Gummischlauch S mit der Ausflußflasche A. Halte die Röhrenspitze nach unten und laß etwas Wasser ausfließen. Verschließe den nun mit Wasser gefüllten Schlauch mit einem Quetschhahn oder die Ausflußspitze mit einer Kappe (S. 4). Hebe die Röhre R so empor, daß nach dem Öffnen des Verschlusses das Wasser in A und in R gleich hoch steht. Senke nun R so tief, wie es der Schlauch gestattet. Das aus R ausströmende Wasser springt nicht bis zu dem Wasserspiegel in A empor. (H W 139 Nr. 154.)

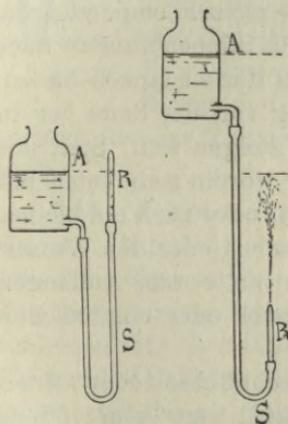


Fig. 227.

**b)** Setze in die Wand eines Standglases eine Knieröhre ein, deren äußeres Ende in eine lange Spitze ausgezogen ist, und verschließe die Ausflußöffnung. Stelle in dem Glas einen gleichbleibenden Wasserstand her (S. 150 Nr. 316), richte die Spitze lotrecht nach oben und laß den Wasserstrahl emporspritzen. Er erreicht nicht die Höhe des Wasserspiegels in dem Glas. — Richte den Strahl schräg. — Ersetze die Ausflußröhre durch eine andere mit einer kurzen Spitze. (F 1, 19 § 8, 9. BLO 82.)

**342.** a) Verschließ eine mit Wasser gefüllte weithalsige Flasche mit einem doppelt durchbohrten Kork (Fig. 228). Stecke eine oben fast zugeschmolzene Glasröhre so durch das eine Loch, daß ihre untere Öffnung nahezu bis auf den Boden reicht, und führe durch

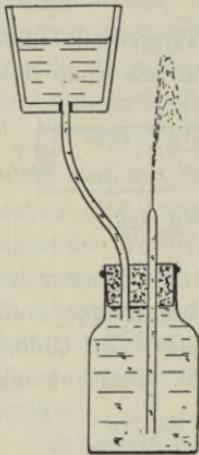


Fig. 228.

das andere Loch eine etwas seitwärts gebogene Röhre, setze oben mit einem Kork einen Blumentopf darauf, kittle den Stopfen wasserdicht ein und gieß Wasser in das Gefäß. (C 2, 117.)

b) a) Schmelze eine 50 bis 80 cm lange und ~ 5 mm weite Glasröhre an einem Ende fast zu, biege sie zweimal rechtwinklig um (Fig. 229) und befestige sie in dem Hals einer Flasche, deren Boden man abgesprengt hat, mit einem durchbohrten (nötigenfalls mit Siegellack zu verkittenden) Kork. Hänge die Flasche mit Fäden an einem Haken im Fenstersturz auf.

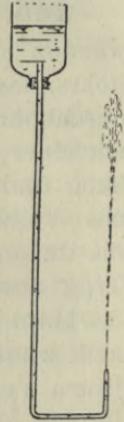


Fig. 229.

β) Schiebe das eine Ende eines Kautschukschlauchs über den Hals eines Trichters oder, wenn dieser zu dick sein sollte, über eine Glasröhre, die man darin mit einem Kork eingesetzt hat, und versieh das andere Ende des Schlauchs mit einer kurzen, fast zugeschmolzenen Glasröhre. Es ist zweckmäßig, den Strahl ein wenig schräg zu richten, damit er möglichst hoch springt. Läßt man ihn senkrecht emporsteigen, so kann man eine kleine paraffinierte Kugel aus Sonnenblumen- oder Holundermark oder einen leichten Zelluloidball darauf tanzen lassen. Man bringt die Kugel nahe der Ausflußöffnung von der Seite her in den 2 mm dicken Wasserstrahl, der 1 m hoch steigen soll. Statt des Trichters kann man ein Lampenglas benutzen, worin man unten mit einem Kork eine kurze Glasröhre eingesetzt hat, oder auch ein kleines Faß, einen Blumentopf, einen Irrigator (Spülkanne) oder den Wasserbehälter eines Waschtisches. Stelle zum Auffangen des Wassers eine große Schüssel oder ein Fäßchen unter. (WV 137.)

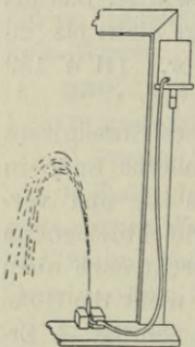


Fig. 230.

c) Stelle eine große Blechbüchse oder einen Eimer auf ein hohes Gestell an ein offnes Fenster, wo der Wasserstrahl hinausspringen kann (Fig. 230). Verbinde diesen Wasserbehälter durch einen langen Gummischlauch (oder durch zwei Schläuche, die mit einer kurzen Röhre aneinandergesetzt sind) mit der knieförmigen Ausflußröhre und halte diese durch zwei Holzklötze in ihrer Stellung fest. Man kann eine Ausflußröhre herstellen, die ohne Stütze steht, indem man eine lange Glasröhre zweimal

rechtwinklig so umbiegt, daß die beiden Winkelebenen aufeinander senkrecht stehen (Fig. 231). (B J 76 Nr. 4.)

**343.** Quecksilber-Springbrunnen. a) Gieße in ein Gefäß Quecksilber und darauf eine Schicht Wasser. Tauche die auf S. 32 in Nr. 59 b beschriebene Vorrichtung langsam mit dem weiten Teil BC in die Flüssigkeiten bis auf den Boden des Gefäßes. Das Wasser spritzt aus der Röhre AB heraus. (C. E. Wasteels, Journ. de Phys. 8, 587; 1889, daraus Z 3, 249; 1890.)

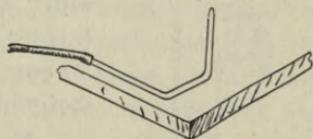


Fig. 231.

b) Zieh eine gerade Glasröhre zu einer feinen geraden Spitze aus und biege eine andere Glasröhre an einem Ende U-förmig um. Stecke beide Röhren durch einen Stopfen und befestige einen Glastrichter an dem obern Ende der gebogenen Röhre (Fig. 232). Fülle die Flasche mit Wasser und setze den Stopfen wasserdicht in ihren Hals. Lege einen Finger auf die Spitze des Rohrs und fülle Quecksilber in den Trichter. Nimm den Finger weg. Das Wasser spritzt mehr als ein Meter hoch empor. Der Druck ist zuweilen so stark, daß es sich empfiehlt, die Stopfen festzuhalten. (SI 101.)

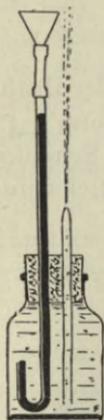


Fig. 232.

c) Zieh den einen Schenkel einer U-förmigen fingerdicken Glasröhre zu einer Spitze aus. Fülle die Röhre halb mit Wasser, neige sie und verschließe die Spitze mit dem Finger, sobald ihr Schenkel ganz voll Wasser ist. Gieß Quecksilber in den offenen Schenkel und nimm den Finger von der Spitze weg. Das Wasser springt bis zur Zimmerdecke empor. (H. Rebenstorff, Z 12, 286; 1899.)

**344.** Schiebe durch die eine Öffnung eines doppelt durchbohrten Korks K (Fig. 233), dessen anderes Loch durch einen Glasstab verschlossen ist, eine Glasröhre R, welche die in der Zeichnung angegebene Gestalt hat und bei A nahezu geschlossen ist. Verschließe mit dem Kork eine weithalsige Flasche F luftdicht und verbinde B mit dem Schlauch S der Ausflußflasche (Fig. 227).

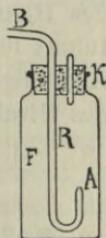


Fig. 233.

**345.** a) Zieh eine 30 bis 40 cm lange und  $\sim 6$  mm weite Röhre an einem Ende zu einer Spitze aus, deren äußerer Durchmesser erheblich kleiner ist als der Durchmesser des Wasserstrahls, der aus der Seitenöffnung eines Gefäßes austritt, und biege diese Spitze rechtwinklig um. Halte in einigen Millimetern Abstand von der Ausflußöffnung die Spitze so in den Strahl, daß ihre Achse mit dessen Achse genau zusammenfällt. Das Wasser steigt in der Glasröhre genau bis zur Höhe des Spiegels

im Ausflußgefäß. Stelle eine recht geräumige Wanne zum Auffangen des Ablaufwassers unter. (W D 158.)

b) Führe in den Strahl der Wasserleitung den kurzen Schenkel einer 0,7 cm weiten J-förmigen Röhre ein, deren kurzer Schenkel 5 cm und deren langer Schenkel 30 cm lang ist (Fig. 234). Bis zu welcher Höhe steigt das Wasser in dem langen Schenkel?

c) Halte in den Strahl in verschiedenen Höhen über der Mündung der J-Röhre ein oder zwei Drahtnetze (15 Maschen auf ein Zentimeter).

d) Halte eine knieförmig gebogene Röhre in einen wagerechten Wasserstrahl. (Aldous, An Elementary Course of Physics 242. — A 1, 145 Nr. 42, 43.)

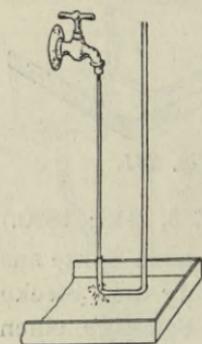


Fig. 234.

**346.** Schneide ein Stück Eisenblech oder Drahtnetz (60 cm  $\times$  3 cm  $\times$  0,05 cm) zu und biege es in die Form  $\perp$  (40 cm + 10 cm + 10 cm). Lege die Scheibe mit dem langen Schenkel auf die Schale einer Tafelwage und halte sie dort durch Belastung mit einem 500 gr-Stück fest (Fig. 235). Setze in dem Ausguß die Wage so auf zwei Ziegelsteine, daß der Strahl der Wasserleitung, die mit einem Strahlregler versehen ist, auf den kurzen Schenkel des Blechs fällt. Bringe die Wage ins Gleichgewicht, öffne den Hahn und miß den Druck, den der Strahl auf das Blech ausübt. Miß den Durchmesser des Strahls an der Stelle, wo er auftritt. Nimm die Wage weg und bestimme die Ausflußmenge des Hahns durch Messung der Zeit, wo sie ein Gefäß von bekanntem Inhalt füllt. Multipliziere die Ausflußmenge in der Sekunde mit der Ausflußgeschwindigkeit und vergleiche das Ergebnis mit der Stoßkraft des Strahls. (A 1, 146 Nr. 45. Vgl. auch M T 109 u. V A 109.)

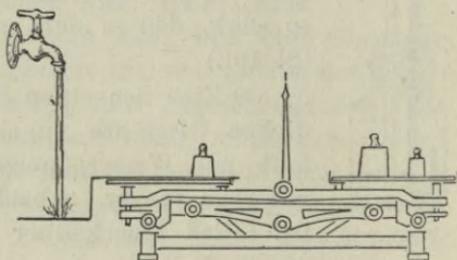


Fig. 235.

## 2. Stossheber.

**347.** a) Verschließe die enge Öffnung eines Trichters (Fig. 236) mit dem Finger, tauche den Trichter mit der weiten Öffnung so tief in Wasser, daß nur die enge Mündung noch herausragt, und gib den Trichterhals plötzlich frei. Das Wasser spritzt in einem Strahl hoch über den Spiegel des umgebenden Wassers empor. (Höfler-Meiß-Poske, 173.)

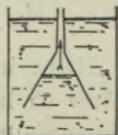


Fig. 236.

b) Laß die enge Mündung offen und stoß den Trichter

kräftig und tief in Wasser. Der Strahl springt bis zu 4 m Höhe empor.

**348.** Setze an einen Glastrichter einen 60 cm langen Kautschukschlauch und daran, wie in Nr. 342b $\beta$  (S. 162), eine ausgezogene Glasröhre. Drücke den Schlauch unterhalb des Trichterhalses fest zusammen und fülle nun den Trichter mit Wasser. Biege die Ausflußöffnung der Glasröhre nach oben und laß plötzlich das Wasser aus dem Trichter in den Schlauch fließen. Der Wasserstrahl springt anfangs bis zu einer Stelle empor, die beträchtlich über dem Wasserstand im Trichter liegt. (Godefroy, A 1, 147 Nr. 46. Sch Sp 1, 68 Nr. 79.)

**349. a)** Verbinde eine fingerdicke Glasröhre AB (Fig. 237), die in eine 2 bis 3 mm weite kegelförmige Spitze ausläuft, durch den recht weiten Kautschukschlauch BKF und durch die Glasröhre FE mit dem Glaskolben L, der mit Wasser gefüllt und mit einem Luftröhrchen CD versehen ist. Halte den Glaskolben in der rechten Hand oder setze ihn in einen Ring, hebe die Glasröhre AB mit der linken Hand bis M, verschließe sie fest mit dem Daumen, senke sie wieder bis A und nimm den Finger rasch weg. Der Wasserstrahl springt 4 bis 5 m hoch empor.

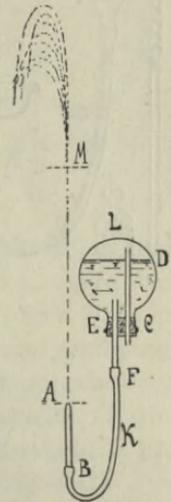


Fig. 237.

**b)** Biege eine  $\sim 1$  m lange und 1,5 cm weite Glasröhre heberartig und versieh ihren kurzen Schenkel mit einer  $\sim 3$  mm weiten Öffnung. Verschließe diese mit dem Finger, gieß den langen Schenkel voll Wasser und nimm den Finger weg. Das Wasser springt 5 bis 6 m hoch empor. — (K. Antolik, Z 4, 122 Nr. 3; 1891.)

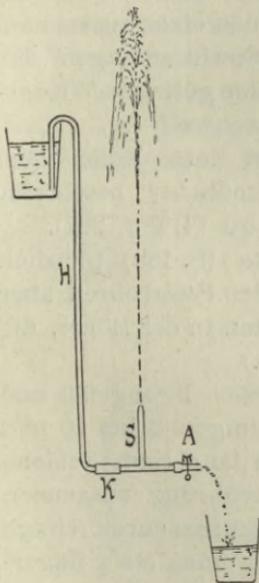


Fig. 238.

**350. a)** Setze an den Heber H (Fig. 238) mit einem kurzen Kautschukschlauch K ein T-Stück an, dessen Seitenarm S spitz ausgezogen ist, und verschließe den freien Schenkel A des T-Rohrs durch einen Kautschukschlauch und Quetschhahn. Öffne den Hahn, sauge bei A, laß das Wasser im breiten Strahl ausfließen und schließe plötzlich den Hahn. Aus dem Seitenröhrchen springt für einen Augenblick ein Strahl empor, der höher steigt, als das Wasser im Gefäß steht. (D 107.) Den Schlauch kann man auch statt mit einem Quetschhahn einfach mit den Fingern zusammendrücken.

b) Donath (D 108) beschreibt noch folgendes Vorbild eines Stoßhebers (Fig. 238a): Aus dem erhöht aufgestellten Gefäß T strömt das Wasser in die Flaschen A und B, die mit den Stopfen nach unten gekehrt sind. Die Flasche A wirkt als Windkessel und B als eine erweiterte Stelle der Leitung. Das Wasser fließt durch das Krümmrohr in den

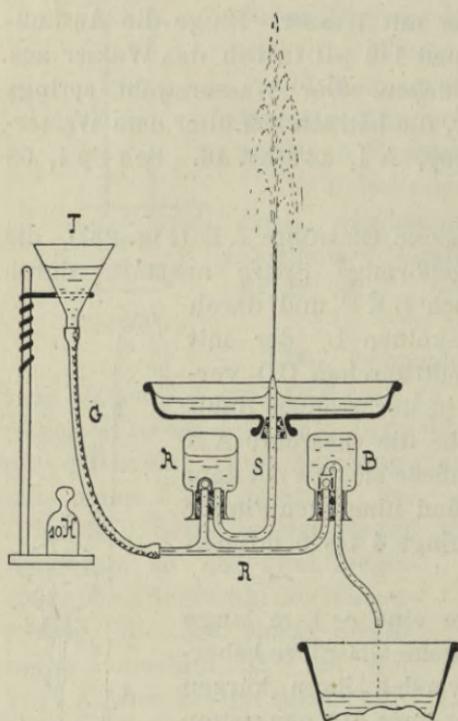


Fig. 238a.

Eimer, falls nicht in B die Wucht der Strömung eine Kugel empor-schnellt und diese den Ausweg verschließt. Dieser Kugelverschluss ersetzt den Absperrhahn. Bei der Absperrung hebt der Rückstoß die Schließkugel in A, und es tritt Wasser in den Windkessel. Nach dem Stoß fallen beide Kugeln wieder hinab, der Ausfluß wird frei, und das Spiel wiederholt sich. Der größte Teil des Wassers fließt in den Eimer, und nur ein geringer Teil wird emporgeschleudert, der aber höher, als das Wasser im Gefäß T steht. Der Windkessel bewirkt, daß die einzelnen Stöße einen zusammenhängenden Strahl erzeugen, der freilich bei der geringen Wassermenge nur schwach ist.

e) Einen aus Rohr hergestellten Stoßheber beschreibt Arthur Good (T T 3, 207).

**350\*.** Verschließ bei dem Versuch Nr. 333a (S. 158) plötzlich die Ausflußöffnung. Das Wasser erhebt sich in den Steigröhren über den Spiegel im Ausflußgefäß und zwar am höchsten in der Röhre, die der Ausflußöffnung am nächsten liegt. (B L O 84.)

**351.** Stelle auf einen kleinen Tisch ein großes Blechgefäß und verbind es durch Kautschukschlauchstücke mit einigen 8 bis 10 mm weiten Glasröhren, die zusammen mindestens 3 m lang sind. Schiebe die Röhrenenden in den Schläuchen bis zur Berührung zusammen und umwicke die Schläuche dicht mit Band. Stütze durch einige Klötzchen die Rohrleitung, schiebe an ihrem Ende einen etwa fingerlangen Kautschukschlauch 2 cm weit auf und binde ihn gehörig fest. Halte das Schlauchstück zuerst mit der Hand zu und laß es dann los. Das Wasser fließt aus der Mündung anfangs fast lotrecht abwärts. Drücke, sobald das Wasser seine größte Geschwindigkeit erreicht hat, plötzlich die Mündung des Schlauchs mit dem Daumen und dem Zeigefinger von unten her seitlich zusammen. Aus der feinen Öffnung, die unmittelbar vor dem völligen Verschließen am obern Teil der

Mündung übrig bleibt, fährt infolge des auftretenden Stoßes ein feiner, aber kräftiger und weithin springender Strahl heraus. (W D 161.) Richte die Schlauchöffnung dabei nach oben. Der Strahl springt über den Wasserspiegel im Gefäß hinaus.

**352.** Verbinde die beiden Flaschen A und B (Fig. 239), deren Böden abgesprengt sind, durch einen Kautschukschlauch. Befestige an dem Ende der Röhre, die in A eingesetzt ist, einen Bunsenschen Verschuß (geschlitzten verschlossenen Kautschukschlauch, vgl. S. 1 Nr. 1). Dieser verhindert das Wasser, aus A zurückzufließen. Fasse den Schlauch bei C, hebe ihn ~ 10 cm empor und bewege ihn mit plötzlichem Ruck abwärts. Der Stoß der bewegten Wassersäule schleudert eine kleine Wassermenge durch den Verschuß nach A hinein. Wiederhole die Bewegung mehrmals. Man kann so das ganze Wasser aus B entfernen und über seinen Stand in B hinaus nach A befördern. (H W 140 Nr. 155.)

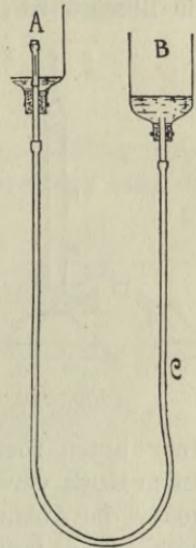


Fig. 239.

### 3. Rückstoß.

**352\*.** Setze einen mittelgroßen Trichter mit nicht zu engem Rohr umgekehrt in eine Schale, die mit Wasser gefüllt ist, sauge ihn voll Wasser und verschließe die Rohröffnung mit dem Finger. Das in der Schale zurückgebliebene Wasser muß noch den Trichterrand genügend abschließen. Entferne den Finger. Der Trichter wird emporgehoben und fällt dann mit hörbarem Geräusch in die Schale zurück. (Kuhfahl, Z 17, 32 u. 318, 1904. Heinrich, Z 17, 221 u. 390, 1904.) Vgl. S. 50 Nr. 85 e.

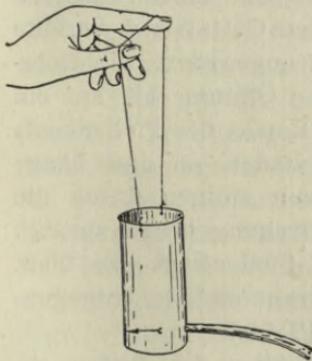


Fig. 240.

**353. a)** Mach in die Wand eines Blechgefäßes ein Loch, verstopfe dieses und fülle den Behälter mit Wasser. Laß ihn an einer Fadenschleife von der Hand lotrecht hinabhängen (Fig. 240). Öffne das Loch und laß das Wasser ausfließen. Das Gefäß wird nach der entgegengesetzten Seite gedrückt, so daß es schief an der Schleife hängt.

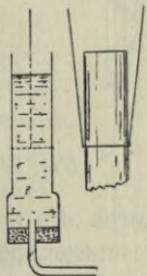


Fig. 241.

(D 109.)

**b)** Setze in ein Lampenglas mit einem Kork eine Knieröhre (Fig. 241) ein und hänge das Glas an zwei dünnen Schnüren, die an seiner Mitte befestigt sind, genau lotrecht auf. Gieß Wasser ein. Das Glas stellt sich schräg. (W E 44.)

c) Hänge an einen Haken, der in dem Fenstersturz befestigt ist, die Blechröhre (Fig. 242) mit einem Faden, der so lang ist, daß sein unteres Ende  $\sim 30$  cm über der Fensterbank liegt. Halte die Röhre mit der einen Hand, ziehe mit der andern die Ausflußröhre nebst Kappe behutsam aus der untern Öffnung und laß gleichzeitig die Blechröhre los. (B J 23 Nr. 20.) Vgl. S. 169 Nr. 357 c.

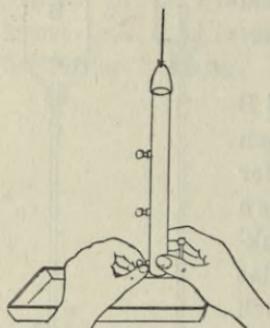


Fig. 242.

**354.** a) Setze eine Rückstoßvorrichtung zusammen aus einem Trichter, aus einem kurzen Stück Kautschukschlauch und aus

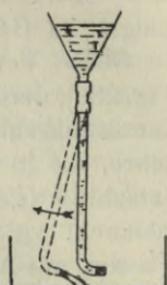


Fig. 243.

einer unten rechtwinklig umgebogenen Glasröhre, deren Ende mit einem Kork verschlossen ist. (Fig. 243). Je länger die Röhre und je weiter die Ausflußöffnung, desto stärker ist die Neigung. Man kann auch einen langen Schlauch und eine Knieröhre nehmen. Rebenstorff (R P 1, 42) schließt den Schlauch an die Wasserleitung an.

b) Setze an den Trichter eine gerade Glasröhre an und verbinde sie durch einen kurzen Schlauch mit einem T-Rohr, dessen seitliche Öffnungen zugedreht sind. Zieh den einen Stopfen heraus. Die Vorrichtung bewegt sich nach der entgegengesetzten Seite. Zieh auch den andern Stopfen heraus. Die Vorrichtung hängt wieder lotrecht. — (Schwalbe. R 1, 129. Vgl. auch MT 109 und V A 109.)

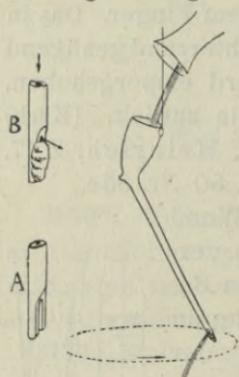


Fig. 244.

**355.** Gib mit einer Feile oder mit einem Taschenmesser dem Mundstück einer Tonpfeife die in Fig. 244 A abgebildete Gestalt und verkitte mit Siegelack, wie in B angegeben, die Rohrmündung und die seitliche Öffnung bis auf ein rundes Loch. Siegle am Rande des Pfeifenkopfs einen mäßig starken Bindfaden an und hänge damit die Pfeife auf. Nach einigen durch die Drillung hervorgerufenen Drehungen steht sie still. Gieß nun Wasser in den Pfeifenkopf. Es fließt

durch die Seitenöffnung aus, und die Pfeife dreht sich in entgegengesetzter Richtung hurtig im Kreise herum. (T 78.)

**356.** Mach in ein Prüfröhrchen  $\sim 1$  cm über dem Boden ein kleines Loch, indem du das Glas durchbohrst oder besser es in der Flamme erwärmst und dann die erweichte Stelle aufbläst oder mit einem Draht eindrückst. Kite das Röhrenende mit Siegelack (Picein) lotrecht in einen großen Kork, stelle das Prüfglas auf einen Holzklotz oder einen Teller und laß es in einer großen Wanne auf Wasser schwimmen. Halte das Loch zu, fülle das Röhrchen mit Wasser und

gib dann die Öffnung frei. Das Wasser strömt aus, und das Gefäß nebst Untersatz bewegt sich nach der entgegengesetzten Seite. (Schwalbe. B Sch 49 Nr. 112.) Vgl. S. 172 Nr. 357 k.

### Segners Wasserrad.

**357. a)** Passe einen langen Kork in die enge Öffnung eines Lampenglases ein. Setze in den Stopfen zwei Glasröhren ein, die wie in der Fig. 245 gebogen sind. Statt gebogener Glasröhren kann man auch gerade einfügen, daran kurze Gummischläuche ansetzen und diesen durch steife Drähte die erforderliche Biegung geben. Hänge das Glas an einer starken Schnur auf und fülle Wasser hinein. Die Vorrichtung dreht sich entgegengesetzt der Richtung der Ausflußstrahlen. (J. Holden, P P 1, 120; 1888.)

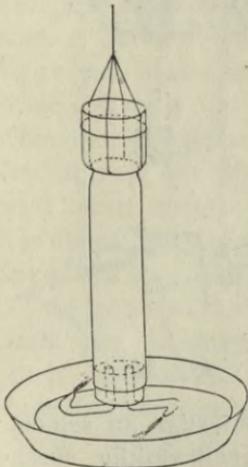


Fig. 245.

**b)** Bei der in Fig. 246 dargestellten Form, die Hartl (P B 1, 149; 1894) angegeben

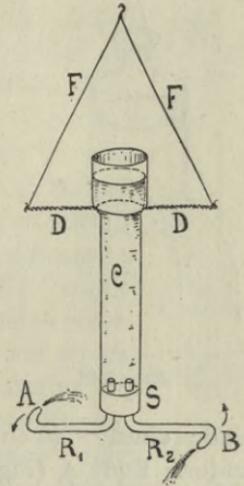


Fig. 246.

hat, sind zwei Glasröhrchen  $R_1$   $R_2$  in den Kork  $S$  eingesetzt. Das Lampenglas  $C$  wird mit Drähten  $D$  und zwei Fäden  $F$  an einem Gasarm, an einem Tür- oder Fenstersturz aufgehängt. Zum Nachfüllen des Wassers bediene man sich einer Spritzflasche und gieße das Wasser aus ihrem Blasrohr von der Seite her in das Glas. Die Fäden wickeln sich umeinander und heben die Vorrichtung.

**c)** Setze in die beiden tiefsten Löcher der Blechröhre (Fig. 247) knieförmige Ausflußröhren so ein, daß ihre Enden nach entgegengesetzten Richtungen weisen. Hänge die Röhre wie bei dem Versuch Nr. 353c (S. 168) in einem Eimer oder in einer großen Blechwanne auf und fülle sie mit Wasser. Man kann die Vorrichtung auf verschiedene Weise abändern:  $\alpha$ ) Beide Ausflußröhren liegen wagerecht.  $\beta$ ) Die eine Röhre liegt in einer wagerechten Ebene, und die andere ist unter einem beliebigen Winkel dazu geneigt.  $\gamma$ ) Die Ausflußröhren bilden verschiedene Winkel mit der wagerechten Ebene.

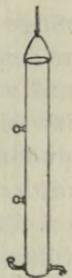


Fig. 247.

$\delta$ ) Beide Röhren liegen wagerecht und unter dem Wasserspiegel der fast ganz gefüllten Wanne. Man kann gleichzeitig auch einen Springbrunnen herstellen und seinen Strahl so richten, daß er in das Wasserrad fällt. Hierdurch wird die Versuchsdauer verlängert. Statt Baileys Blechröhre kann man irgendeine 30 cm lange oder noch

längere Blechröhre nehmen, am untern Ende verkorken, mit einem Drahtbügel versehen, dicht über dem Kork die Öffnungen einschlagen und darin die Ausflußröhren einsetzen. (B J 24 Nr. 21, 78 Nr. 5.)

d) Bohre in eine enghalsige Flasche (500 cm<sup>3</sup>) vier Löcher und setze kurze gebogene Röhren, deren äußere Enden fast zuge-

schmolzen sind (vgl. F 1, 19 § 8, 9), wasserdicht ein (Fig. 248). Hänge die Flasche an einer Schnur auf und fülle sie mit Wasser. Die vier Wasserstrahlen bewirken das Umdrehen der Flasche. (W 38 Nr. 38.)

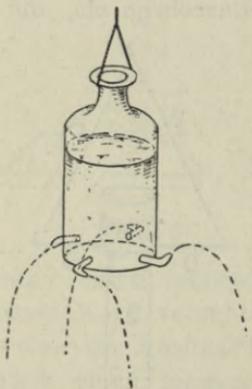


Fig. 248.

e) Höhle einen möglichst großen Kork so aus, daß er einen kleinen Wasserbehälter bildet, bohre in den Boden ein Loch und stecke das eine

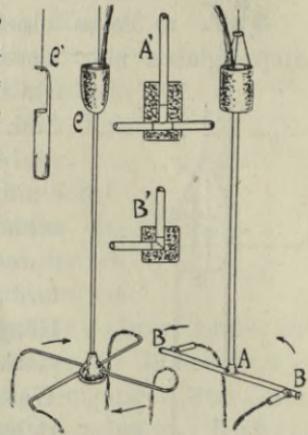


Fig. 249.

Ende eines ~ 40 cm langen Strohhalms hinein. Befestige an seinem andern Ende A (Fig. 249 rechts) mit Siegellack rechtwinklig einen zweiten Strohalm, der in der Mitte ein Loch hat, wodurch er mit der lotrechten Röhre in Verbindung steht. Verschließe die Enden BB des Querrohrs mit Siegellack, bohre in ihrer Nähe auf entgegengesetzten Seiten je ein Loch und kitte mit Siegellack in jedes einen ~ 2 cm langen Strohalm ein. Schneide zuvor seine Enden schräg ab, damit Luft und Wasser leichter ausfließen können. Binde den Kork mit drei am Rande befestigten Fäden an eine kleine Metallscheibe (Knopf), hänge ihre Mitte an einen Faden und gieße in dünnem Strahl Wasser in den Kork. Das Wasser fließt durch die kleinen Ansatzröhren aus und versetzt die Vorrichtung in schnelle Drehung. Man kann, um das schwierige Zusammenfügen mit Siegellack zu vermeiden, die Verbindungen auch durch drei kleine Korke herstellen. Stecke in den mittlern Kork, wovon zwei aufeinander rechtwinklig stehende Löcher gebohrt sind, den lotrechten Strohalm A' und die beiden wagerechten Röhren B'. Verbinde die Ausflußstutzen mit den Querröhren B' durch zwei kleinere Korke, deren beide Durchbohrungen unter rechtem Winkel aufeinanderstoßen.

Die gebrechlichen Strohhalme kann man durch enge Glas- oder Metallröhren ersetzen. Man schneide das Ende der Röhre (Vorhangstange), die oben durch den Kork geht, so zu und biege es so um, wie C' zeigt, und hänge es an einem Eisendraht auf, worum sich die ganze Vorrichtung dreht. Man kann dann auch vier statt zwei Querröhren nehmen und durch ein schwaches Umbiegen der Enden,

wie die linke Figur zeigt, die Seitenstutzen vermeiden. Hänge die so umgestaltete Vorrichtung über dem Tisch auf und gieß nach dem Auslöschten der Lampe etwas heißen Rum in den obern Behälter, zünde die aus den Querröhren ausströmenden feinen Flüssigkeitsfäden an. Es entsteht ein kleiner Feuerregen. Vorsicht! (T T 1, 69.)

f) Wasserkarussell (Fig. 250). Schneide aus einer Kartoffel eine 3 cm hohe Walze, die streng in die weitere Mündung eines Lampenglases paßt. Stich mit einem Zahnstocher, der aus einem Federkiel geschnitten ist, schräg zur Achse des Glases vier runde Löcher in den Kartoffelstopfen. Verschließe die weitere Mündung des Glases mit der so bearbeiteten Kartoffel. Schiebe einen Lampenschirm bis zur Erweiterung des Glases hinab und hänge daran mit Drähten rund herum kleine aus Papier geschnittene Reiter. Verschließe die obere Mündung des Glases mit einer streng passenden Kartoffelwalze (oder einem Kork), wodurch gerade runde Löcher gebohrt sind. Führe zuvor durch das Mittelloch einen Draht und befestige ihn unter dem obern Stopfen mit einem Stück Streichholz. Hänge das obere Ende des Drahts an einen Deckenhaken oder an den untern Knopf einer Hängelampe. Stelle in der Längsachse der Vorrichtung eine Schale auf den Tisch und gieße in die obere Mündung des Glases Wasser. Es fließt durch die Löcher des obern Stopfens, füllt das Glas an und strömt aus den schrägen Löchern der untern Kartoffel heraus. Die ganze Vorrichtung dreht sich nun ziemlich geschwind. (T T 3, 115.)



Fig. 250.

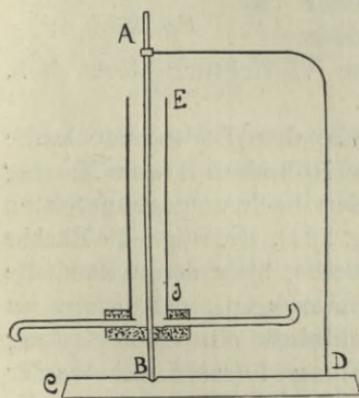


Fig. 251.

g) Bohre in einen ~ 6 cm breiten und 4 cm hohen Kork (Fig. 251) zwei sich kreuzende Löcher, stecke in diese waagrecht vier an der Spitze umgebogene Glasröhren und lotrecht eine am untern Ende spitz ausgezogene und zugeschmolzene Glasröhre A B und passe in den Kork eine weite Glasröhre E J (den abgesprengten Hals eines Glaskolbens) ein. Stelle aus einem starken Eisendraht A D und dem Brettchen C D ein Gestell her.

Setze die Vorrichtung in ein großes Gefäß und fülle sie mit Wasser oder noch besser mit Quecksilber. (K. Antolik, Z 4, 123 Nr. 5 1891.)

h) Setze in den Kork eines Lampenglases oder einer weithalsigen Flasche mit abgesprengtem Boden eine oben zugeschmolzene dünne Glasröhre (oder Prüfgläschen) ein, die auf der Spitze einer in ein Holz-

stück (eine Bleiplatte) eingelassenen Stricknadel schwebt (Fig. 252), und außer dieser Mittelröhre noch zwei dünne, doppelt rechtwinklig gebogene Glasröhren. (R 1, 130. WE 44.) In der physikalischen Sammlung des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums befindet sich eine derartige Vorrichtung, die Schwalbe schon vor einem Menschenalter angefertigt hat.

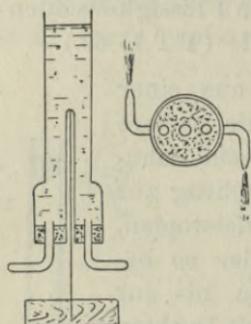


Fig. 252.

i) Schneide oder säge das breite Ende einer Walnuß ab, nimm den Kern heraus und bohre mit einem glühenden Eisendraht in diese Nuß und in zwei Haselnüsse an den in der Fig. 253 ersichtlichen Stellen Löcher, die genau den Durchmesser eines Strohhalms haben.

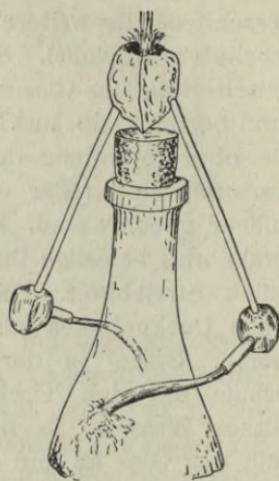


Fig. 253.

Entferne mit einem gekrümmten Eisendraht die Kerne aus den beiden Haselnüssen und verbinde die drei Nüsse durch zwei  $\sim 10$  cm lange Stücke des Strohhalms. Stecke in die Seitenlöcher der Haselnüsse zwei  $\sim 2$  cm lange Strohhalme, die etwas enger als die beiden langen Röhren sind. Dichte alle Verbindungsstellen mit Wachs oder Siegellack ab. Setze die Walnuß mit ihrer Spitze auf den Kork einer Flasche und gieße in dünnem Strahl Wasser in die Walnuß. Es fließt durch die beiden kleinen Ansatzröhren aus, und die ganze Vorrichtung dreht sich. (T T 1, 65.)

k) Setze in eine große Blechbüchse nahe dem Boden eine kurze gerade Röhre A und zwei etwas längere Röhren B aus Messing oder Glas ein, deren Enden nach entgegengesetzten Seiten gerichtet sind (Fig. 254). Befestige die Büchse auf einer runden Holzscheibe, über deren Rand die Enden von A und B hinausragen, und bringe an der Unterseite des Holzklotzes eine Bleibelastung so an, daß die Vorrichtung lotrecht auf Wasser schwimmt. Verschließ alle Öffnungen, fülle die Büchse mit Wasser und laß sie in einem großen

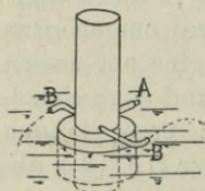


Fig. 254.

Gefäß mit Wasser schwimmen.  $\alpha$ ) Ziehe den Kork von A heraus. Das Wasser fließt aus dem Gefäß, und dies wird nach der entgegengesetzten Seite getrieben.  $\beta$ ) Laß A verschlossen, öffne aber die gebogenen Röhren B. Die Vorrichtung dreht sich. (Hs 79.) Vgl. S. 168 Nr. 356.

l) Löte rechtwinklig an eine  $\sim 20$  cm hohe und 5 cm weite Blechbüchse vier Messingröhren so hoch über dem Boden an, daß die

Büchse in einem tiefen Nachtscheller stehen kann und die Röhren  $\sim 2$  cm über den Tellerrand hinausragen (Fig. 255.) Die Röhren sind an ihren Enden geschlossen und seitlich mit je drei Löchern von 1 mm Weite versehen, die von der Achse der Büchse aus betrachtet alle nach derselben Seite gerichtet sind. Laß die Büchse auf Wasser in einer Wanne oder einer Waschschüssel schwimmen. Fülle die Büchse mit Wasser. Es tritt aus den Röhren seitwärts aus, und die Vorrichtung dreht sich in der entgegengesetzten Richtung herum. Die Messingröhren kann man durch Glasröhren ersetzen, deren spitz ausgezogene Enden rechtwinklig umgebogen sind. Die Glasröhren befestigt man an dem Gefäß mit Kork und Kitt. (D 110.)

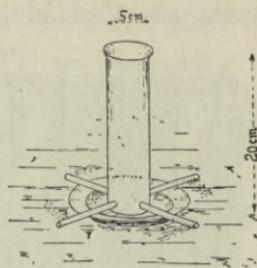


Fig. 255.

**358.** Heberrad. a) Verschließe die Mündung eines Trichters mit einem Kork, der eine Mittelbohrung und einige Seitenbohrungen hat, damit bei dem Eintauchen des Trichters in Wasser die Luft ausströmen kann. Schmelze eine weitere Glasröhre zu, schneide mit der Feile die Kuppe ab und kitte das Glasschälchen (oder einen hohlen Knopf) als Lager oben auf den Kork. Biege eine Glasröhre nach der Fig. 255 a. Befestige bei a mit Picein einen Kork und setze darin eine Nadelspitze ein. Wickle bei b um den Heber einen Streifen dickes Bleiblech und kitte ihn mit Picein an.

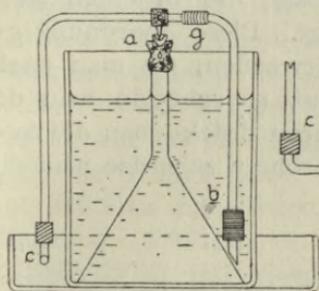


Fig. 255 a.

Bemiß dieses Gegengewicht so, daß es in Wasser tauchend die auf der Spitze schwebende Heberröhre richtig stellt, und berichtige die Ausgleichung durch Verschieben des dicken Bleidrahts g, der um den Heber gewunden ist. Setze mit einem Schlauchstück an das unbeschwerte Ende der Heberröhre die Ausflußspitze c, deren Seitenansicht in dem Nebenbilde dargestellt ist. Stelle in eine große flache Tasse (Lichtbildschale) ein Batterieglas und dahinein den Trichter. Gieß Wasser in das Glas. Fülle auch den Heber mit Wasser, setze ihn so mit der Spitze auf den Trichter, daß der eine Schenkel des Hebers in das Wasser des Batterieglases taucht. — Stelle die Ausflußspitze so, daß sie von der lotrechten Achse des Standglases in der Richtung eines Halbmessers weggewandt ist. Es findet keine Drehung statt. — Wende die Ausflußspitze um  $90^\circ$  so, daß der Wasserstrahl die Kreisbahn berührt. Es tritt eine lebhaftere Drehung ein. — Gib der Ausflußspitze eine Zwischenstellung. (R 2, 81.)

b) Stecke durch die Mitte eines breiten dünnen Korks (für Senf-

gläser) lotrecht einen Strohhalm. Befestige daran (oben in A) quer einen gleich dicken Strohhalm B (Fig. 256) und an diesem zwei Strohhalme, die etwas enger und mit zwei kleinen Stützen versehen sind. Stelle alle Verbindungen mit Siegelack her und verschließe damit

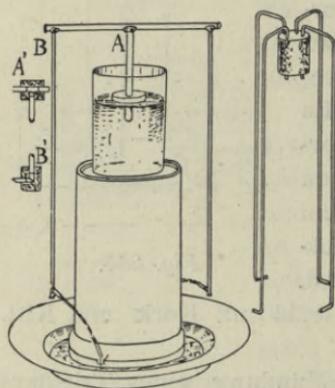


Fig. 256.

auch die Enden der Querröhre und der hangenden Röhren. Die Vorrichtung ist ein Wasserrad und zugleich ein Heber. Setze den Kork so in ein Glas Wasser, daß das untere Ende der mittlern Röhre ins Wasser eintaucht. Laß zwei Schüler an den kleinen Stützen saugen. Sobald das Wasser ausfließt, fängt die Vorrichtung an sich zu drehen. Man kann die Anwendung von Siegelack vermeiden, wenn man die Verbindungen mit den Korken A' und B' herstellt, und die zu gebrechlichen Strohhalme durch sehr enge Metall- oder Glasröhren ersetzen, die in einen Kork

eingesetzt sind, wie es die Figur rechts zeigt. Diese Anordnung gestattet, eine beliebige Anzahl Röhren zu verwenden, die man nacheinander ansaugt. Benutzt man Strohhalme, so schneide man die Enden der Stützen schräg ab, bei Metallröhren drücke man die Ausflußöffnungen etwas zusammen und bei Glasröhren schmelze man die Enden fast zu. (T T 1, 73.)

#### 4. Wasserräder.

**359.** a) Schneide von einem  $\sim 2,5$  cm starken Besenstiel ein 7,5 cm langes Stück ab. Befestige an den Enden mit kleinen Drahtstiften zwei kreisförmige Scheiben aus dünnem Holz von 7,5 cm Durchmesser. Schneide aus einem dünnen Brett acht Schaufeln (7,5 cm  $\times$  2,5 cm). Teile die Scheiben in acht gleiche Stücke durch vier mit Blei gezogene Durchmesser. Setze längs dieser Geraden die acht Schaufeln so ein, daß sie die Mittelwelle berühren, und befestige sie mit Drahtstiften. Schlage als Achse ein großen Drahtstift in die Mitte der Außenseite jeder Scheibe (Fig. 257). Nagle Leisten auf die Ränder eines  $\sim 100$  cm

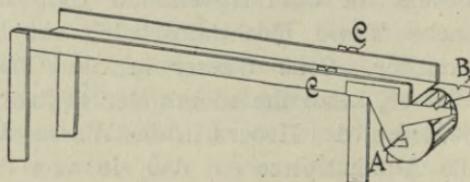


Fig. 257.

langen und 7,5 cm breiten Bretts. Nagle an jede Ecke der Rinne einen Holzstab derart, daß das eine Ende des Bretts  $\sim 15$  cm höher als das andere liegt. Befestige an den Wänden des tiefern Endes der Rinne Blechstreifen, damit man das Rad so lagern kann, daß das Wasser a) auf seine obere und äußere

Seite,  $\beta$ ) auf seine innere Seite gerade unter der Achse fällt und  $\gamma$ ) die untere Seite trifft. Gieß Wasser in die Rinne, bringe das Rad der Reihe nach in die Stellungen A, B und C und beobachte seine Bewegungen. (P. Smith, Easy Experiments in Physics 69 Nr. 60.)

#### b) Schneckenrad

(Fig. 258). Stelle aus Boden und Deckel einer Holzschachtel zwei Radscheiben her. Stecke durch ihre Mitten mit großer Reibung einen Bleistift als Achse und keile ihn mit kleinen Holzstücken auf. Befestige mit Siegellack oder Schraubchen an den Umfängen der Scheiben gleich große Gehäuse der Weinbergsschnecke derart, daß ihre Mündungen ebennmäßig zur Radachse liegen.

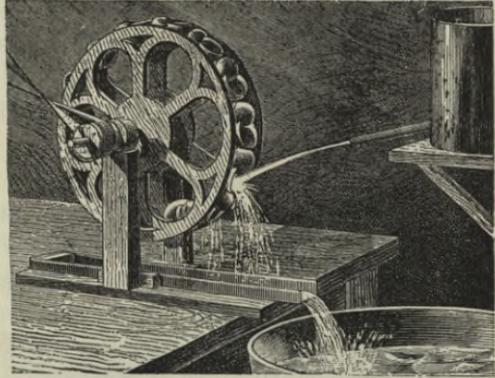


Fig. 258.

Lege die Radachse in die Einschnitte der beiden lotrechten Pfosten, die an einem Grundbrett befestigt sind. Schiebe auf das eine Ende der Achse, das über den Pfosten hinausragt, die Hälften eines Korks (oder einen ganzen dicken Kork) und keile sie mit Holzstückchen fest. Lege in die so hergestellte Rinne als Treibriemen einen Zwirnfaden, Leinwandstreifen oder Kautschukring und übertrage damit die Bewegung des Wasserrades auf die zu drehende Vorrichtung.

Setze in die Wand einer Einmachebüchse nahe dem Boden eine Ausflußröhre ein, stelle diesen Behälter unter den Hahn der Wasserleitung und regle den Wasserstrahl so, daß in dem Gefäß der Wasserstand unverändert bleibt. (Arthur Good, LN 17, 79; 1888.)

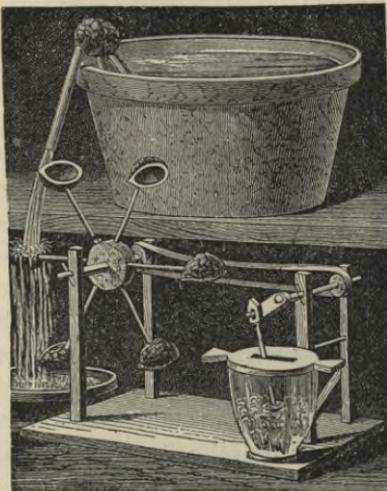


Fig. 259.

c) Nußrad (Fig. 259). Befestige recht sicher auf einem Brettchen vier Pfosten. Setze darin zwei vier-eckige, nicht zu dünne Wellen ein, wovon die vordere, die Radwelle, etwas stärker ist als die hintere, die Übertragungswelle. Stelle das Triebrad aus einer Korkscheibe und sechs Speichen her, die du genau in gleichen Abständen und genau in derselben Ebene so darin

befestigst, daß je zwei gegenüberstehende Speichen in einer Geraden liegen. Bringe an dem freien Ende jeder Speiche eine Nußschale an. Kröpfe neben dem Triebrod einen Kork als Schnurscheibe auf und auf der andern Welle einen zweiten Kork und verbinde beide durch ein ziemlich fest angezogenes Band. Bringe an dem vordern Ende der Übertragungswelle noch einen Krummzapfen an und daran eine Lenkstange, die unten eine mehrfach durchbohrte Korkscheibe trägt. Fertige aus einer Nuß und aus drei Schilfrohrstücken einen Heber an und mache das Ausflußrohr doppelt so lang als die beiden Saugröhren. Beschwere, um den Heber in fester Lage zu erhalten, die Saugröhren durch ein Steinchen oder ein Metallstückchen, das an einem Bindfaden befestigt ist. Saug den Heber an und bringe ihn in eine solche Stellung, daß der ausfließende Wasserstrahl auf die Schaufeln des Rades fällt. Fange in einem untergestellten Gefäß das abfließende

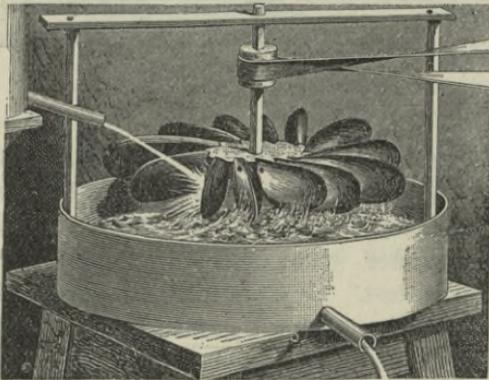


Fig. 260.

Wasser auf und fülle damit den Behälter wieder auf. In der Abbildung ist das Wasserkraftwerk mit einem kleinen Butterfaß verbunden. (C 1, 98 nach französischer Quelle.)

**360. Miesmuschel-Kreiselrad (Fig. 260).** Schneide einen Mostrichkork wie ein Zahnrad aus und befestige mit kleinen Stiften oder mit Stecknadeln in den Einschnitten die Spitzen von Miesmuscheln, die alle gleiche Gestalt haben, derart, daß die obern Ränder der Schalen mit der Oberseite des Korks in einer wagerechten Ebene liegen. Stecke durch die Mitte des Korks einen Holzstab mit quadratischem Querschnitt und in sein unteres Ende eine Stecknadel. Mache den obern Teil der Welle rund und führe ihn durch ein Querstück, das auf zwei Pfosten ruht. Benutze als Untersatz eine runde, wasserdicht gemachte Holzschachtel. Sie verhindert, daß das Wasser nach außen geschleudert wird. Mache mitten in den Boden der Schachtel eine kleine Höhlung oder kittle dort einen hohlen Knopf auf und stelle den als Zapfen dienenden Nadelkopf hinein. Leite das Wasser wie bei dem Schneckenrade (Nr. 359 b auf S. 175) oder mit einem Schlauch von der Wasserleitung in dünnem Strahl zu und laß es durch ein Ausflußrohr (Pfeifenrohr) abfließen, das in der Wand der Schachtel sitzt. Stelle die Schnurscheibe aus einem Kork oder noch besser aus einer Garnrolle her, deren Ränder das Herabfallen der Treibschnur verhindern. (Arthur Good, LN 17, 79; 1888.)

Die Herstellung einer Wasserschraube und eines Modells eines Henschel-Kreiselrades ist bei Weinhold (WV 140) beschrieben.

§ 25\*. **Widerstand des Mittels\***).

**360\*.** a) Stelle aus einer paraffinierten Korkscheibe und aus 1 mm starkem Messingdraht einen Taucher her, der die in Fig. 260a abgebildete Gestalt hat und eben noch in Wasser schwebt. Wähle den Kork erst etwas zu groß und schneide dann behutsam kleine Stückchen ab. Hat man dabei die Grenze überschritten, so feilt man etwas vom Draht ab. Versieh den untern Haken mit einem kleinen Übergewicht. Der Körper sinkt in einem breiten und hohen Standglas voll Wasser langsam und gleichmäßig zu Boden. Zerschneide einen ~ 10 cm langen feinen Messing- oder Eisendraht in vier gleich lange Teile, biege jeden  $\wedge$ -förmig und stelle so Übergewichte her. Hänge erst ein Stück, dann alle vier an den untern Haken. Der Taktschläger (Metronom) zeigt, daß bei vierfachem Übergewicht die Fallzeit nur halb so groß ist als bei einfachem Übergewicht. Hole nach jedem Versuch den Taucher mit einem langen unten hakenförmig gebogenen Draht wieder an die Oberfläche des Wassers (Friedrich C. G. Müller, Z 7, 291; 1894. MT 110). Bahrdt (Z 26, 3; 1913) ersetzt den Kork durch eine runde Holzscheibe von 2 cm Halbmesser, die er durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin wasserdicht macht.

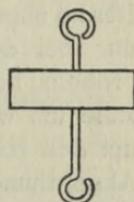


Fig. 260a.

b) Forme aus Wachs kugel- oder kegelförmige Taucher von gleichem Querschnitt wie die Korkscheibe. Es ergeben sich kleinere Widerstände.

c) Stecke durch die Mitte eines flachen Korks, wie er bei Senfgläsern verwandt wird, einen Draht und biege beide Enden zu Haken um (Fig. 260b). Bringe ein ähnliches Hakenpaar am Umfang an. Befestige an dem ersten einen Zwirnfaden. Hänge ein Gewicht das eine Mal an der Stirnfläche an und das andere Mal an der Mantelfläche und bringe so den Kork zum Sinken in dem Wasser eines

hohen Standglases. Die Geschwindigkeiten sind deutlich verschieden. Der Faden dient zum Heraufziehen des Tauchers. — Führe den Versuch aus mit Korken verschiedener Größe und Gestalt (keilförmig usw.). (R. Neumann, PB 2, 22; 1895.)

**360\*\*.** Besorge beim Glasbläser einige Kugeln von

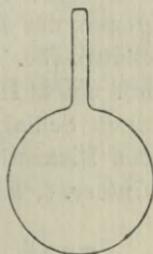


Fig. 260c.

\* Vgl. § 14.

3 bis 5 cm Durchmesser mit angeschmolzter Glasröhre (Fig. 260c), fülle sie so weit mit Schrot, daß die Röhren nur wenige Millimeter aus dem Wasser herausragen und schmelze dann die Röhrenden mit der Gebläseflamme zu. Lege fest um den Hals des Tauchers einen Messingdraht und schneide so viel davon ab, daß der Taucher nur eben in Wasser schwebt. Hat man zuviel abgeschnitten, so setzt man auf den Draht wieder etwas Weichlot auf. Der so abgegliche Taucher (Fig. 260d) schwebt jedoch nur bei der Wasserwärme, die während des Ausprobens herrschte; schon eine Änderung der Wärmestufe um weniger als  $1^{\circ}$  stört das Gleichgewicht. Lege um den Hals des Tauchers ein kurzes Stück dünnen Aluminiumdraht (0,3 mm) einmal herum, drehe die freien Enden zusammen und gleiche so den Einfluß der Wasserwärme aus. Stelle aus Aluminiumdraht von 1 mm Dicke Übergewichte her, die im Verhältnis 1:4:9 stehen. Spule sie so auf, daß man sie mit einiger Reibung auf den Hals des Tauchers schieben kann. Laß die Taucher untersinken in

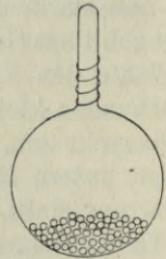


Fig. 260d.

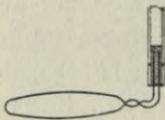


Fig. 260e.

einem weiten und 1 m hohen, mit Wasser gefüllten Standglas und befestige dahinter einen Meterstab. Hole die Taucher nach jedem Versuch wieder an die Oberfläche mit einer langen Glasröhre, an deren unterm Ende ein Draht ring von weniger als 3 mm Durchmesser mit Siegelack befestigt ist (Fig. 260e).

Miß die Zeiten mit der Stoppuhr oder dem Taktschläger. (Bahrdr, Z 26, 3; 1913.)

**360\*\*\*.** Nagle ein Zinkblech (20 cm  $\times$  18 cm) wie ein Riemenblatt an einen 50 cm langen und 1 bis  $1\frac{1}{2}$  cm dicken Holzstab. Nagle unmittelbar über dem Blech an den Stab ein 40 cm langes Querholz derart, daß es in der Ebene des Blechs liegt. Senke die Vorrichtung so in einen Eimer voll Wasser, daß das Querholz als wagerechte Drehachse auf dem Eimerrande aufliegt und an den beiden Henkelösen des Eimers ein seitliches Widerlager findet, das es in einer Richtung vor einem Ausgleiten nach der Seite schützt. Drücke nun seitwärts gegen das herausragende Ende des Riemens, und zwar senkrecht zur Blattfläche. Der Riemen dreht sich um seine wagerechte Achse. Haue mit einem Holzknüppel in derselben Richtung mit einem raschen kräftigen Schlage gegen die Riemenstange. Sie bricht ab, ohne daß sich das Riemenblatt im Wasser regt. (Wunder, Monatshefte f. d. naturw. Unterr. 6, 39; 1913.)

**360†.** Sonderung gekörnter Stoffe nach Dichte und Korngröße durch einen aufsteigenden Wasserstrom.

a) Verbinde mit der Wasserleitung einen lotrecht gestellten Blasenbals (Fig. 260f) oder einen kegelförmigen Vorstoß und beschrifte

ihn mit Quarzkörnern verschiedener Größe. Bei genügender Stromgeschwindigkeit schweben sie im aufsteigenden Wasser, aber so, daß sich die feinen über die gröbern lagern.

b) Ähnlich ordnen sich Quarz- und Schwefelkiespulver gleicher Korngröße nach der Dichte.

c) Bringe mit Wasser angeriebenen Lehm oder Ackererde in das Rohr. Ton- und Krumeteilchen werden fortgeschwemmt, Sand und Steinchen aber bleiben nach der Größe geordnet zurück. — (MT 110.)

### § 25\*\*. Anziehung und Abstossung bewegter Körper in Flüssigkeiten.

**360††.** a) Verschließe die untere Öffnung eines 6 cm weiten Glasrohrs mit einem doppelt durchbohrten Stopfen und führe durch beide Löcher zwei Röhren A und B (Fig. 260g), deren enge

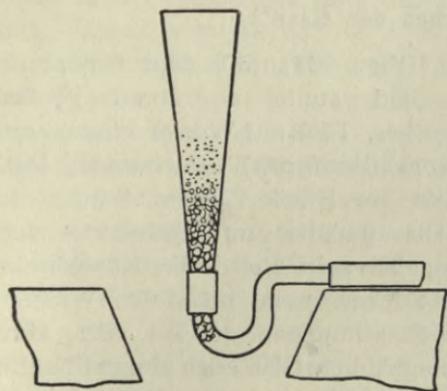


Fig. 260f.

Öffnungen genau gleich weit sind. Fülle das Rohr mit einer zähen Flüssigkeit, die halb aus Glyzerin und halb aus Wasser besteht. Treibe nun mit einem kleinen Kautschukgebläse Luftblasen gleichzeitig aus beiden Röhren

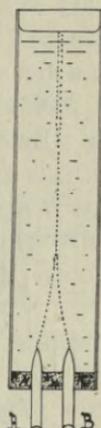


Fig. 260g.

aus. Sind beide Blasen gleich groß, so steigen sie angenähert gleich schnell nebeneinander empor, nähern sich dabei einander immer mehr und bewegen sich schließlich in einer Linie aufwärts, wie es die Abbildung andeutet.

b) Laß die Luft nur aus einer der beiden Öffnungen austreten. Beim Aufsteigen ändert sich die Richtung nicht.

c) Verschließe das Rohr mit einem Stopfen, durch den nur eine Ausflußröhre nahe der Rohrwand führt, und laß in der zähen Flüssigkeit Luftblasen aufsteigen. Sie nähern sich immer mehr der Wand, berühren sie schließlich, werden zurückgeworfen und nähern sich bald darauf wieder der Wand.

d) Laß in ein langes mit verdünntem Glyzerin gefülltes Gefäß eine Kugel fallen und beobachte ihre Bewegung. — (Seddig, Z 21, 93; 1908.)

## Zweiter Abschnitt.

# Die Gase.

## I. Gleichgewicht der Gase.

### § 26. Kennzeichen der Gase\*).

**361.** Setze eine Käseglocke (Fig. 261) mit dem Knopf in den Hals eines Einmacheglasses und stelle so einen großen Wasserbehälter her. Laß auf Wasser einen breiten flachen Kork (Senfkork) schwimmen, lege auf seine Mitte ein Stück Zucker, stülpe ein umgekehrtes Glas darüber und drücke es lotrecht abwärts, bis sein Rand die Käseglocke berührt. Der Zucker taucht unter den Wasserspiegel, ohne zu schmelzen. (T T 1, 39.) Man kann in das umgekehrte Glas auch einige Fliegen hineinsperren. (T 99.)

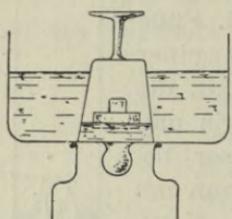


Fig. 261.

**362.** Taucherglocke (Fig. 262). Drücke das umgekehrte Baileysche Gefäß unter Wasser und blase schwach durch den Schlauch Luft in diese Taucherglocke. Verbinde den Kautschukball eines Zerstäubers mit dem Schlauch und pumpe damit Luft in die Glocke. (B J 31 Nr. 34 und 81 Aux. 9.)

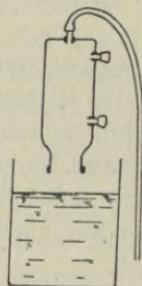


Fig. 262.

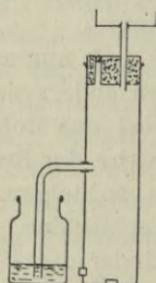


Fig. 263.

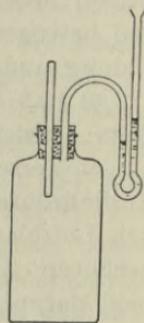


Fig. 264.

**363.** a) Setze in die Wand von Baileys Gefäß (Fig. 263) eine knieförmig gebogene Glasröhre ein, tauche ihr freies Ende in ein Gefäß mit Wasser und gieß Wasser in den Trichter. (B J 30 Nr. 32.)

b) Verschließ eine weithalsige Flasche (Fig. 264) mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen, setze einen Spannungsmesser in die

\*) Diese sind F 1, 42 § 28 ausführlich behandelt, hier stehen nur einige Ergänzungen.

eine Durchbohrung ein und drücke durch die andere Durchbohrung einen Glasstab, der so dick wie die Röhre des Spannungsmessers ist.

c) Spreng den Boden einer Flasche ab und verbinde ihren Hals durch einen Schlauch mit einem Kollodiumball. Drücke den Schlauch zusammen, tauche die Flasche in Wasser und öffne dann den Schlauch. Die verdrängte Luft bläht den Ball auf. Drücke den Schlauch wieder zu, hebe die Flasche aus dem Wasser, setze sie auf eine niedrige Glasschale mit etwas Wasser und drücke mit den flach ausgestreckten Händen den Ball zusammen. Die Luft tritt unter der Flasche heraus. (H. Rebenstorff, Z 18, 17; 1905.)

**363\*.** a) Fülle eine Saugröhre oder eine Glasröhre, die an einem Ende spitz ausgezogen ist, durch Einsenken oder durch Ansaugen mit Wasser, verschließe die weite obere Öffnung der Röhre mit einer daraufgedrückten Fingerspitze. Lüfte den Finger und miß die Zeit, wo das Wasser durch die enge Öffnung ausfließt. Fülle nochmals auf die gleiche Weise die Röhre, kehre sie um, lüfte den Finger und miß die Zeit, wo das Wasser aus der weiten Öffnung ausfließt. Das Wasser strömt jetzt schneller als vorher aus; durch die enge Öffnung dringt jetzt ebensoviel Luft ein wie zuvor. Die Luftteilchen sind leichter verschiebbar als die Wasserteilchen.

b) Verschließe mit einem Kork eine Flasche, tauche sie in Wasser und prüfe, ob der Verschluß luftdicht ist. Mache den Kork vor dem Eindrehen in den Flaschenhals naß oder kehre die Flasche, wenn sie eine Flüssigkeit enthält, nach dem Aufsetzen des Korks um. Geringe Undichtigkeiten des Verschlusses werden so in den meisten Fällen beseitigt. — (R P 1, 50.)

### § 27. Gewicht der Luft.

**364.** Tauche ein umgekehrtes Weinglas etwas schräg in ein Einmacheglas voll Wasser. Es entweichen einige Luftblasen, und dafür dringt Wasser in das Weinglas. Luft ist also leichter als Wasser. (B S 60 Nr. 57.) Vgl. F 1, 43 Nr. 27 u. 29.

**365.** Versuch des Aristoteles. Blase einen möglichst großen Kautschuksack auf und gleiche ihn auf der Wage ab. Drücke die Luft heraus und zeige, daß das Gewicht unverändert geblieben ist. (L F 1, 2, 975. Rebenstorff, Z 20, 226; 1907.)

**366.** Galileis Versuche. a) Binde ein Stück Leder recht fest über den Hals eines ziemlich großen Glaskolbens, mache am Rand einen Einschnitt und befestige darüber ein Stück einer Blase oder einer Gummihaut. Treibe mit einer Spritze gewaltsam eine große Menge Luft in den Kolben und gleiche ihn und die darin verdichtete Luft auf einer Wage durch feinen Sand ab. Öffne die Blase. Die verdichtete Luft strömt heftig aus, und das Gewicht des Kolbens wird

merklich kleiner. Entferne so viel Sand, daß die Wage wieder einspielt.

b) Drücke, ohne der Luft den Austritt zu gestatten, so viel Wasser in den Kolben hinein, daß er etwa bis zu Dreiviertel damit gefüllt wird. Wäge den Kolben und durchstoße dann die Haut. Es tritt so viel Luft aus, wie das Wasser Raum einnimmt. Wäge nach dem Austritt der Luft wiederum. Die Abnahme des Gewichts ist gleich dem Gewicht der Luft, die so viel Raum wie das Wasser im Kolben einnimmt. (Galilei, Discorsi. Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaften 11, 71, 72.)

c) Öffne den Sperrhahn einer Flasche (eines Heronsballs) aus Kupfer oder Messing und wäge sie auf einer Wage, die noch Zehntelgramm anzeigt. Drücke mit einer Fahrradpumpe so viel Luft in die Flasche, wie deren Festigkeit zuläßt. (Hat die Flasche gelötete Fugen, so kann sie ohne Gefahr 1,5 bis 2 gr Luft in jedes Liter ihres Raums aufnehmen. Ist die Flasche aber gedrückt, so darf man eine viel größere Luftmenge hineinpumpen.) Wäge die Flasche wiederum und bestimme das Gewicht der hineingedrückten Luft. — Fülle eine große Flasche (8 l) zu zwei Drittel mit Wasser von Zimmerwärme und gieß eine Schicht schweres Maschinenöl darauf. Es soll die Bildung von Wasserdampf verhüten, wenn die verhältnismäßig trockne Luft aus der Metallflasche einströmt. (Statt des Wassers kann man Steinöl oder schweres Steinkohlenteeröl verwenden.) Verschließe die Flasche mit einem vierfach durchbohrten Gummistopfen. Führe durch das eine Loch fast bis auf den Boden der Flasche eine gebogene Glasröhre und versieh ihr äußeres Ende mit Gummischlauch und Quetschhahn. Diese Röhre dient bei dem Verdrängen des Wassers als Heber. Stecke durch das zweite Loch eine Glasröhre, schiebe auf ihr äußeres Ende einen Gummischlauch und verbinde sie mit dem Sperrhahn der Metallflasche. Setze in das dritte Loch des Stopfens einen 25 cm langen offenen U-förmigen Spannungsmesser, der 10 cm Wasser enthält, und versieh sein äußeres Ende mit Gummischlauch und Quetschhahn. Stecke durch das vierte Loch des Stopfens ein Thermometer. Befestige den Pfropfen mit Kupferdraht und dichte alle Verbindungen mit Klebwachs, mit Paraffin oder mit Rizinusöl. — Laß aus dem Heber so viel Wasser ausfließen, daß der Druck, den der Spannungsmesser anzeigt, innerhalb und außerhalb der Flasche gleich groß wird. Verschließe nun das offene Ende des Spannungsmessers mit dem Quetschhahn und laß die Luft aus der Metallflasche ziemlich langsam (etwa in zwei Minuten) einströmen. Fange das ausfließende Wasser in Literflaschen auf und miß den letzten Bruchteil eines Liters mit einem Meßglas (500 cm<sup>3</sup>). Entferne den Quetschhahn von dem offenen Ende des Spannungsmessers, wenn anscheinend genug Wasser ausgeströmt ist, und laß Wasser heraus- oder hineinfließen, bis die Spannung innen und außen gleich groß ist. Warte zwei bis drei Minuten,

bis die ausgeströmte Luft Zimmerwärme angenommen hat, und lies dann Thermometer und Barometer ab. — Die erreichte Genauigkeit ist  $\frac{1}{2}\%$ . Der Versuch dauert 15 Minuten. Die Hauptfehlerquellen sind die Abkühlung der ausströmenden Luft und die Bildung von Wasserdampf. (Augur, School Science 1, 28; 1901.)

Bereits Maiß (Vierteljahrsber. d. Wiener Ver. z. Förderung d. phys. u. chem. Unterr. 2, 9) hat Luft in einen Heronsball gepumpt und damit die Dichte der Luft bestimmt. Rebenstorff (Z 20, 226; 1907) läßt die verdichtete Luft in einen unaufgeblähten Gummiballon überströmen, mißt den Umfang des aufgeblähten Ballons und berechnet daraus den Raum der eingetretenen Luft. — Bohn (BLU 60) verschließt eine Flasche mit einem durchbohrten Stopfen, steckt durch das Loch eine knieförmig gebogene Glasröhre und schiebt darauf einen Gummischlauch, der mit einem Quetschhahn verschließbar ist. Er bläst mit dem Munde möglichst kräftig in die Flasche, schließt den Hahn und wägt dann die Flasche. Nun verbindet er diese durch eine Gasentbindungsröhre mit einem ganz mit Wasser gefüllten Meßglas, dessen Mündung in Wasser eintaucht, öffnet den Hahn, mißt den Raum der Luft, die in das Meßglas übertritt und wägt die Flasche wiederum. Die eingeblasene Luft enthält zu wenig Sauerstoff und zuviel Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf.

d) Löte ein Fahrradventil in die ziemlich enge Mündung einer Blechkanne, fülle jedoch zuvor den Zwischenraum zwischen dem Verschuß und dem Hals der Kanne mit gebogenem Zinkblech aus. Verbinde das Ventil mit einer Fahrradpumpe und drücke Luft in die Kanne. Man kann ohne Gefahr die Spannung auf drei Atmosphären treiben. Wäge die mit verdichteter Luft gefüllte Kanne auf ein hundertstel Gramm genau. Verbinde die Kanne durch einen Gummischlauch mit einer großen Ansaugflasche, schiebe jedoch zuvor in den Schlauch dicht über dem Ventil ein Streichholz mit abgebrochenem Kopf. Mach in dem Sauger die Spannung dem äußern Luftdruck gleich, klemme dicht über dem Ventil den Schlauch zu, drücke das dabei gefaßte Streichholz abwärts und öffne damit das Ventil ein wenig. Wiederhole das, bis keine Luft mehr aus der Kanne entweicht. Warte einige Minuten, bis die beim Ausströmen abgekühlte Luft Zimmerwärme angenommen hat. Ordne das Einlaufgefäß derart an, daß der Wasserstand darin so hoch ist wie in dem Sauger, und halte das Ventil etwa eine Minute offen. Zieh den Schlauch von dem Ventil ab und wäge die Kanne. Miß den Raum des aus dem Sauger verdrängten Wassers. (Linebarger, School Science 2, 457; 1903. Garner, School Science 3, 362; 1903.)

**367.** Verschließ einen dünnwandigen und enghalsigen Glas Kolben (500 cm<sup>3</sup>) mit einem Kork (mit sehr reinem Spiegel), den du ganz eintreiben kannst und worein du zuvor mit einem glühenden Draht ein 1 bis 2 mm weites Loch eingebrannt hast. Binde über die

Öffnung ein Stück Wachstaffet und schneide in dieses zwei gleichlaufende kleine Schlitzte, einen links und einen rechts von dem Loch. Stelle den so verschlossenen Kolben in ein größeres Gefäß, verdünne die Luft darin (S. 200 Nr. 397 und 398) und weise den Gewichtsverlust mit der Wage nach. Man kann in einem Gefäß die Luft ohne weiters verdünnen, wenn man die von Varrentrapp angegebene Vorrichtung (Fig. 265) benutzt. Das soeben beschriebene Ventil V sitzt auf einem Kork in der Glasröhre G. Diese setzt man mit der Röhre A in den Kork des zu entleerenen Gefäßes und verbindet dann B mit dem Luftverdünner. Steckt man B in das Gefäß, so kann man die Vorrichtung zum Verdichten benutzen. Zur größern Sicherheit kann man die Korke mit Siegelack oder Siegelackfirnis verkitten. (L F 1, 2, 977.)



Fig. 265.

**368. a)** Reinige einen recht leichten Glaskolben gut, trockne ihn sorgfältig, passe einen weichen guten Kork (oder besser einen Kautschukstopfen) ein, bohre ein Loch hindurch und setze darein eine Glasröhre ein, die so lang ist, daß sie noch 2 cm aus dem Kork herausragt. Feuchte die Röhre mit Wasser an und schiebe einen 5 cm langen Kautschukschlauch darüber, der so weit ist, daß er ganz dicht schließt. Biege den Schlauch um und binde ihn mit Garn oder mit weichem Kupferdraht zu. Befestige Haken und Schleife an dem Hals der Flasche und hänge sie damit an das eine Ende des Wagebalkens. Entferne erforderlichenfalls die Schale und gleiche mit Schrotkörnern ab. Öffne den Verschluss, stecke eine kurze Glasröhre in das Ende des Schlauchs, sauge kräftig daran, drücke ihn fest zusammen, so oft du Atem holen mußt, und setze das Saugen so lange fort, bis du keine Luft mehr herausziehen kannst. Hüte dich, dabei Speichel in die Röhre fließen zu lassen. Biege nach dem Aussaugen der Luft den Schlauch abwärts, klemme ihn ganz fest zusammen, binde ihn in dieser Stellung wieder fest und ziehe die Saugröhre ab. Die Flasche ist leichter geworden. Öffne den Verschluss. Die Luft strömt ein, und die Wage ist wieder im Gleichgewicht. (BS 65 Nr. 63.) Den Schlauch kann man auch mit einem

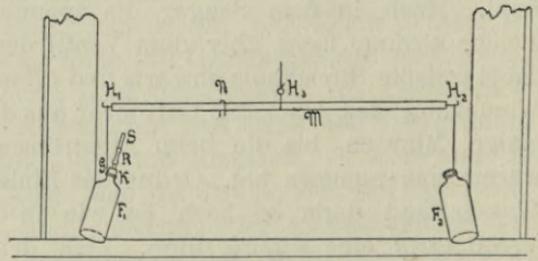


Fig. 266.

Glaskstab, mit einem Schrotkorn oder mit einem Quetschhahn verschließen.

b) Zu dem Nachweis des Gewichtsverlusts bei dem Aussaugen der Luft braucht man keine Wage. Hänge mit einem festen, doch nicht zu dicken Faden am Fenstersturz einen Meterstab M (Fig. 266) auf, in dessen Mitte der Haken oder die Öse  $H_3$  eingeschraubt und in

dessen Enden die Haken  $H_1$  und  $H_2$  eingeschlagen worden sind. Binde daran Flaschen, die mindestens ein Liter fassen und wovon die eine ( $F_1$ ) mit Kautschukstopfen  $K$ , Glasröhre  $G$ , Kautschukschlauch  $R$  und Glasstab  $S$  luftdicht verschlossen worden ist. Schütte Schrot, Sand oder Wasser in die offene Flasche  $F_2$ , bis sie der andern nahezu das Gleichgewicht hält. Stelle den Stab genau wagerecht mit einem Drahtreiter  $N$ , der sich leicht darauf verschieben läßt. Sauge unter mehrmaligem Atemholen möglichst viel Luft aus der verschließbaren Flasche, klemme den Schlauch zu und setze den Glasstab wieder ein. Es tritt ein deutlicher Gewichtsverlust ein. (B J 81 Aux. 10.) K. Rosenberg (R 1, 141) steckt in jedes Ende des Stabes  $M$  ( $1\text{ m} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ) in der Richtung seiner Längsachse eine Stecknadel und bringt in gleicher Höhe seitlich einen Zeiger an (Holzstock mit eingesteckter Nadel). Die Hebung des einen Endes beträgt bei Verwendung einer Flasche von  $500\text{ cm}^3$  Inhalt 4 bis 5 cm.

e) Bestimme mit einer Wage den Gewichtsverlust beim Aussaugen. Nimm dann das Gefäß von der Wage, kehre es unter Wasser um und entferne den Verschuß. Ermittle mit einem Meßgefäß (vgl. F 1 39 § 26) oder durch Wägung den Raum des Wassers, das in die Flasche eingedrungen ist, und berechne daraus das Gewicht von einem Liter Luft. (W A 28 Nr. 10.) Grimsehl (Z 16, 288; 1903) stellt den Verschuß mit Quetschhahn oder Glashahn her und benutzt eine Flasche von 2 bis 3 l Inhalt.

**369.** a) Versieh eine dünnwandige Kochflasche von wenigstens 1 l Inhalt mit gut schließendem Kork, Glasröhre, Kautschukschlauch und Quetschhahn, und mache die Vorrichtung durch Auskochen luftleer (F 1, 45 Nr. 33). Binde einen Faden um den Hals der Flasche und hänge sie mit Schlinge und Haken an dem einen Ende eines Wagebalkens auf. Entferne nötigenfalls die Schale. Lege in die andere Schale Gewichte, bringe so die Wage genau zum Einspielen und öffne den Quetschhahn. Die Luft tritt mit lebhaftem Geräusch ein, und der Wagearm mit der Kochflasche neigt sich. Lege so viel Gewichte (1 gr oder noch mehr) auf die andere Seite der Wage, daß sie wieder einspielt. (WV 150.) Man kann die Flasche auch mit einem Kork verschließen, darein eine spitz ausgezogene Glasröhre einsetzen, diese nach der Luftverdünnung wieder zuschmelzen und die Spitze abbrechen, um die Luft einzulassen. H. Rebenstorff (Z 12, 133; 1899) hat Weinholds Vorrichtung so abgeändert, daß man das Wasser fast ganz entfernen kann. Er setzt in den Stopfen des Kolbens ein Glasröhrchen ein, das nicht über die Unterseite des Stopfens hinausragt. Mit dem Röhrchen verbindet er den kurzen, nicht zu engen Schlauch  $A$  (Fig. 267), hiermit

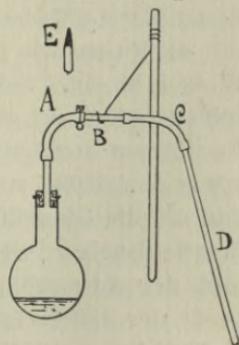


Fig. 267.

das Glasröhrchen B und durch den Schlauch C die Glasröhre D, die so lang ist, daß sie in ein Gefäß reicht, das auf dem Fußboden steht. Das Einknicken der Schläuche verhindert er durch Auflegen des Röhrchens B auf einen Drahtträger, der an einem Gestell befestigt ist. Ein Quetschhahn wird entweder an der Stelle, die in der Abbildung angegeben ist, oder dicht über dem Röhrchen angebracht, das im Stopfen sitzt. Sobald der Wasserdampf die Luft aus dem Kolben ausgetrieben hat, ergreift man seinen Hals mit der Rechten, die durch ein Tuch geschützt ist, hält den Quetschhahn über dem Schlauch A weit geöffnet und dreht den Kolben so um, daß die Rohrverbindung lotrecht hinabhängt. Der Dampf treibt das Wasser aus dem Kolben hinaus. Im rechten Augenblick verschließt man den Schlauch A mit dem Quetschhahn. Nun legt man den Kolben auf den Tisch, zieht aus dem Schlauch A das Röhrchen B heraus und ersetzt es durch die kurze Glasröhre E, die an dem freien Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen und dann mit ein wenig Stearin zugeschmolzt ist. Mit einer heißen Stricknadel schmelzt man das Stearin in der Spitze und öffnet so den Kolben.

a\*) Schütze mit einem Tuch die Hand, ergreife einen Rundkolben, drehe seine Mündung nach unten, stecke eine Röhre tief in den Bauch der Flasche und laß Wasserdampf einströmen. Entferne die Dampföhre, sobald alle Luft verdrängt worden ist, verschließe sofort den Kolben mit einem Gummistopfen und laß erkalten. Wäge die Flasche, lüfte den Stopfen, laß Luft eintreten und wäge wiederum. Fülle den Kolben mit Wasser, gieß es in ein Meßgefäß und bestimme den Rauminhalt der Flasche.

a\*\*) Mache den Rundkolben wie in (a\*) ziemlich luftleer, verschließe ihn, wäge, bringe seine Mündung unter Wasser und entferne den Stopfen. Nach dem Eindringen des Wassers bleibt eine Luftblase zurück. Fülle aus einem Meßglas Wasser nach und ermittle so den Raum der Luftblase. (RP 2, 65.) Vgl. Nr. 368 c S. 185.

b) Richte wie in (a) einen Glaskolben her, bringe jedoch kein Wasser hinein. Schiebe den Quetschhahn ganz von dem Kautschukschlauch fort auf die Glasröhre. Bestreiche bei der Vorrichtung zum Verdünnen der Luft (vgl. S. 200 Nr. 397 und 398) die Ansatzröhre mit etwas Rizinusöl, stecke sie so tief in den Kautschukschlauch hinein, daß sie die Glasröhre berührt, und sauge die Luft ab. Schiebe dann den Schlauch vorsichtig etwas zurück, so daß zwischen der Glasröhre und der Ansatzröhre ein Zwischenraum entsteht. An dieser Stelle preßt der äußere Luftdruck den Schlauch zusammen. Setze nun den Quetschhahn auf diese Stelle, nimm die Vorrichtung vom Ansatzrohr ab und verfare wie vorher. (WV 190.)

c) Rüste eine Kochflasche (1 bis 1½ l) wie in (a) aus, stelle sie auf eine Wage und bringe diese ins Gleichgewicht. Verbinde den Kautschukschlauch mit einer Gasentbindungsröhre, setze die Flasche

auf eine eiserne Schale voll Sand und stecke das freie Ende der Abzugsröhre in die Mündung eines Meßgefäßes, das mit Wasser gefüllt und in Wasser umgekehrt ist. Erhitze das Sandbad und fange die entweichende Luft mit dem Meßgefäß auf. Verschließe den Kautschukschlauch mit dem Quetschhahn, entferne die Entbindungsröhre, laß die Flasche abkühlen, bestimme den Gewichtsverlust und nach dem Erkalten der ausgetriebenen Luft deren Raum und berechne daraus das Gewicht von 1 l Luft.

d) Gleiche auf einer Wage ab einen Kolben (1 bis  $1\frac{1}{3}$  l) samt einem gut eingepaßten Kork (oder besser einem guten Kautschukstopfen). Erwärme die geöffnete Flasche ziemlich stark, aber vorsichtig unter stetem Drehen über einer Weingeistflamme. Verstöpsle sie rasch und bringe sie wieder auf die Wage. Der Kolben ist bedeutend leichter geworden. (R 1, 141.)

e) Verschließe eine Kochflasche mit einem Kork, worin eine spitz ausgezogene Knieröhre sitzt. Gleiche die Flasche auf einer empfindlichen Wage ab. Setze vor die Spitze der Knieröhre eine Kerzenflamme und erwärme die Flasche durch Bestreichen mit einer Bunsenflamme. Die austretende Luft weht die Kerzenflamme weg, und die Wagschale mit der Flasche steigt empor. (B L U 7.)

**370.** a) Beschwere mit Bleistückchen eine Flasche, verkorke sie und gleiche sie unter Wasser ab. Öffne die Flasche, laß Wasser eintreten und bestimme die Gewichtszunahme.

b) Gleiche die Flasche in der Luft ab, fülle sie mit Wasser und bestimme das Gewicht des Wassers.

c) Lege eine durchgebrannte Glühlampe von 16 oder besser von 32 Kerzen Lichtstärke einige Minuten in Wasser, kratze vorsichtig mit einem kleinen Messer den angegipsten Sockel los oder zieh den mit Kitt befestigten unter leichtem Drehen ab. Gelingt es auf diese Weise nicht, den Sockel zu entfernen, so schneide den Rand des Sockels mit einer Beißzange ein, fasse einen Rand des Schnitts mit einer Rundzange und wickle das Blech damit auf wie den Verschluß einer Einmachebüchse. Drücke die Birne mit einer Glasplatte in ein mit Wasser gefülltes Standglas, nimm sie heraus und bestimme durch Zugießen von Wasser ihren Raum. (Vgl. F 1, 40 § 27.)

d) Lege die Birne in eine leichte Schachtel, bedecke sie mit einigen Lagen Seidenpapier und gleiche das Ganze ab. Feile die Spitze der Birne vorsichtig ab oder zertrümmere die Lampe mit einem leichten Hammerschlag. Die Wage zeigt die Gewichtszunahme ( $\sim 0,15$  gr) an. — (A. Schmidt, Z 12, 349; 1899.)

e) Gleiche auf einer Wage eine unbrauchbare Glühlampe (32 Kerzen) ab. Feile die Spitze der Birne vorsichtig ab und ermittle das Gewicht der eingedrungenen Luft. Wäge dabei das abgebrochene Glasstückchen mit. Fülle mit einem kleinen Trichter die Lampe mit Wasser und bestimme sein Gewicht. (Arthur W. Gray, School

Science 1, 480; 1902. Z 15, 161; 1902.) Vgl. Nr. 578. — Sprague (School Science 4, 142; 1904) klemmt die Glühlampe fest und richtet die Spitze einer Lötrohrflamme auf eine Stelle der Glaswand, wo die Birne ihren größten Durchmesser hat. Das erweichte Glas wird eingedrückt und öffnet sich mit scharfem Knack. Es ist jedoch nötig, eine zweite Öffnung einzufeilen, damit man die Birne vollständig mit Wasser füllen kann. Eine 16-kerzige Glühlampe hat  $\sim 150 \text{ cm}^3$  Raum und die sie füllende Luft wiegt 0,18 gr. Man kann also gute Ergebnisse erzielen mit einer Wage, die Hundertstelgramm anzeigt.

**370\*.** Versieh eine gewöhnliche Flasche (1,2 l) mit gutem Kautschukstopfen, rechtwinkliger Glasröhre, kurzem Gummischlauch und Quetschhahn. Verdünne darin die Luft auf irgendeine Weise (mit der Wasserluftpumpe) bis auf ein Zehntel und gleiche die Flasche auf der Wage ab. — Sprenge den Boden einer schmalen und langen Flasche ( $600 \text{ cm}^3$ ) ab und bringe auf der geraden Wand zwei Marken an, die genau  $500 \text{ cm}^3$  abgrenzen. Mache die untere Marke ( $500 \text{ cm}^3$ ) durch einen herumgebundenen Kupfer- oder Messingdraht deutlich

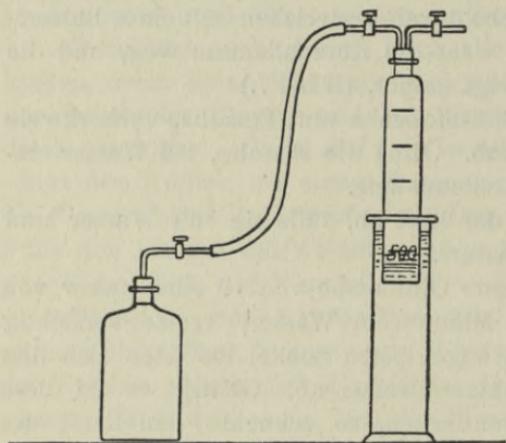


Fig. 267 a.

sichtbar. Schütze den untern Flaschenrand durch aufgekittete Korkstückchen vor Verletzungen beim Aufstoßen. Setze in den Hals dieser Glocke einen guten Kautschukstopfen mit zwei rechtwinkligen Glasröhren, Gummischläuchen und Quetschhähnen ein. Fülle die abgeglichene Flasche, worin die Luft auf ein Zehntel verdünnt worden ist, wie Fig. 267 a zeigt, mit Luft. Öffne dabei den rechten Hahn der Meßglocke und

tauche sie bis zu dem Strich  $500 \text{ cm}^3$  in Wasser. Schließe den rechten Hahn, öffne die linken Hähne, senke die Glocke und sperre ab, sobald der innere und der äußere Wasserspiegel beim Nullstrich angelangt sind. Schließe schon etwas vorher den Hahn an der Flasche nahezu, damit gegen Schluß des Versuchs die Luft nur langsam einströmt. Laß den linken Hahn der Meßglocke offen. Fülle auf die gleiche Weise noch einmal  $500 \text{ cm}^3$  Luft von Atmosphärendruck in die Flasche und bringe sie wieder auf die Wage. (MT 25 u. 115. VA 119.)

**371.** Stelle einen Kasten her, dessen Luftinhalt bei  $15^\circ \text{C}$  ein Kilogramm wiegt. (FC 138.)

## § 28. Luftdruck.

## 1. Wasserpumpen\*).

## A. Spritze.

**372.** Tauche eine lange Glasröhre mit dem einen Ende in gefärbtes Wasser und sauge mit dem Mund am andern Ende. Das Wasser steigt in der Röhre empor.

**373.** Binde über die weite Öffnung eines Lampenglases (Fig. 268) eine Kautschukhaut und setze in die enge Öffnung mit einem Kautschukstopfen eine längere Glasröhre ein, deren inneres Ende fast zugeschmolzen ist. Tauche die Glasröhre in gefärbtes Wasser und ziehe die Kautschukhaut nach oben. Das Wasser spritzt in das Lampenglas. (W 63 Nr. 94.)

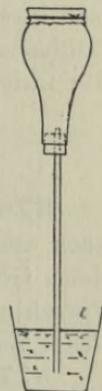


Fig. 268.

**374. a)** Wickle so viel Watte um das eine Ende eines Drahts, der länger als eine Glasröhre ist, daß man ihn nur mit einiger Anstrengung in die Röhre hineinziehen kann. Führe den Draht, dessen oberes Ende zu einer Öse umgebogen ist, durch die Röhre, halte diese am oberen Teil, tauche ihre untere Mündung in gefärbtes Wasser und ziehe die Watte nach oben. Das Wasser steigt nach.

**b)** Statt des Wattebausches kann man einen Kork verwenden, der mit weichem Baumwollgarn gleichmäßig so umwickelt ist, daß er, angefeuchtet, luftdicht in die Röhre paßt, oder auch ein Stück Kautschukschlauch (Kautschukstopfen), den man über einen Holzstab geschoben und mit Rizinusöl oder Talkum eingerieben hat.

**c)** Wiederhole den Versuch mit einer Spritze aus Glas.

**375.** Befeuchte mit Wasser oder Rizinusöl die Innenwand der Röhre R und den Kautschukring K auf dem Stabe S, schiebe diesen in die Röhre und halte die Vorrichtung, wie es Fig. 269 zeigt. Dricke den Finger fest gegen die obere Mündung der Röhre, zieh den Stab halb heraus und laß ihn dann los. Pascal. (B J 34 Nr. 44.)

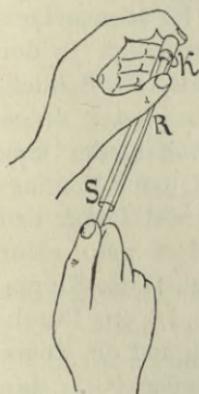


Fig. 269.

**375\*.** Stulpendichtung. Verschaffe dir einen starkwandigen Rundkolben mit langem, engem, doch gleichmäßig weitem Hals (Fig. 269 a). Sprenge den Rand des Halses ab. Streife über den Flaschenhals einen 4 cm langen

\*) Hat man eine Kolbenluftpumpe, so zeige man vor ihrer Besprechung zwar die Wasserpumpen, doch erkläre sie erst bei der Behandlung der Spannkraft der Luft.

Gummischlauch so weit, daß er 2 cm vorragt, fülle den Kolben mit Wasser und schiebe eine Glasröhre ziemlich tief hinein, die so weit wie der Schlauch ist und eben noch bequem in den Hals hineingeht. Gieß auch die Röhre voll Wasser und setze einen Kork oder Gummistopfen fest

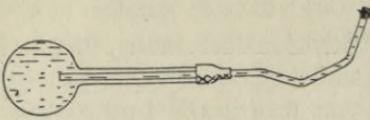


Fig. 269a.

darauf. Schütze die Hände mit einem Tuch und zieh Kolben und Röhre in ihrer Längsrichtung auseinander. Laß die Röhre los. Hat man gewöhnliches Wasser benutzt, so steigen bei dem Versuch viele Luftbläschen darin empor. Ziehe die Röhre halb heraus und laß die Luft sich in der Biegung der Röhre ansammeln. (R P 1, 73.)

### B. Saugpumpe.

**376.** Senke eine Glasröhre, die unten offen ist und oben eine sich nach außen öffnende Schließklappe trägt, in ein mit Wasser gefülltes tiefes Gefäß. Die Luft entweicht durch den Verschuß. Ziehe die Röhre empor. Es bleibt Wasser darin hängen. (L F 1, 2, 896.)

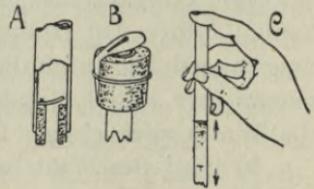


Fig. 270.

**377.** Chinesische Pumpe (Fig. 270). Versieh eine ~ 1 m lange Glasröhre an ihrem untern oder obern Ende mit einer Schließklappe, die sich in dem ersten Fall (A) nach innen und in dem andern Fall (B) nach außen öffnet. Tauche die Röhre in Wasser und bewege sie mehrmals ruckweise lotrecht auf und ab. Die Hubhöhe darf im allgemeinen 15 bis 20 cm nicht überschreiten. Das Wasser steigt rasch in der Röhre empor und spritzt kräftig oben heraus. Stelle die Schließklappe folgendermaßen her: Verschließ die Röhre oben oder unten mit einem durchbohrten Kork. Verfertige aus Handschuhleder eine Klappe und befestige sie mit einer gekrümmten Nadel (oder Messingdraht). Soll die Klappe luftdicht schließen, so muß das Leder naß sein. Bringt man die Klappe unten an (A), so bedarf man einer Röhre von großem Durchmesser. Daher empfiehlt es sich, die Klappe oben anzubringen (B); dann reicht eine Röhre von 1,5 cm Durchmesser aus. Man kann auch die Klappe ganz weglassen und die Röhre einfach mit dem nassen rechten Zeigefinger verschließen (C). Man darf dabei den Finger nicht zu fest auflegen, damit er wie eine weiche Klappe wirkt. (LN 13, 111; 1885.) Vgl. S. 164 Nr. 347 und S. 167 Nr. 352.

**378.** Schiebe einen Bunsen-Verschuß  $V_1$  (einen geschlitzten kurzen Kautschukschlauch mit einem Schrotkorn im einen Ende) auf eine 15 cm lange Röhre R (Fig. 271), doch nicht so weit, daß der Schlitz S aufgesperrt wird. Streife einen kurzen Kautschukschlauch K über das andere Ende der Röhre und führe sie von der Mündung

aus durch die Bodenöffnung von Baileys Gefäß Z. Schiebe die Röhre behutsam, damit der Schlitz nicht geöffnet wird, so weit hindurch, daß du ihr unteres Ende greifen und sie weiter hindurchziehen kannst. Befestige einen zweiten Verschuß  $V_2$ , mit dem Schlitz nach unten, in der untern Wandöffnung und binde eine Kautschukhaut H über die Mündung des Gefäßes. Fasse die Haut in der Mitte, ziehe sie erst nach oben, drücke sie dann nach unten und pumpe durch diese abwechselnden Bewegungen Wasser aus einer Flasche oder einem Eimer in ein Glas. (B J 35 Nr. 45.)

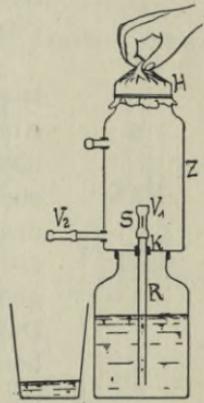


Fig. 271.

**379.** Aus einem Lampenglas kann man leicht eine Saugpumpe herstellen (Fig. 272). Ein Marmel M oder ein großes Schrotkorn S liefern gute und billige Verschlüsse. Drückt man den Kolben rasch nach unten, so steigt das Schrot

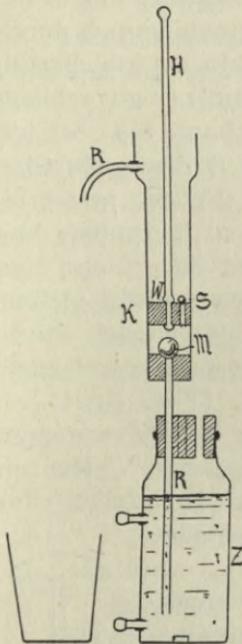


Fig. 272.

2 $\frac{1}{2}$  bis 5 cm hoch mit dem Wasser empor und fällt dann zurück, zuweilen nicht gleich auf die Öffnung, doch rollt es sofort in die richtige Stellung, sobald man den Kolben nach oben zieht, und führt so selbsttätig einen bemerkenswerten Versuch aus. Den Kolben K stellt man aus einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen her. Er soll sehr lose sitzen und kein Wasser heben, bevor man nicht Wasser in den Stiefel gegossen hat; dann arbeitet er so leicht, daß keine Bruchgefahr vorhanden ist. Eine Kolbenstange H aus Holz läßt sich leicht in eine Öffnung des Stopfens einklemmen. Macht man die Kolbenstange aus einem Glasstabe, so erhitze man ihn in einer Bunsenflamme, bis er weich wird, und drücke seine Enden so zusammen, daß ein Wulst W entsteht, der den Stopfen verhindert emporzugleiten.

Man erhitze dann das untere Ende und drücke es so gegen einen harten Gegenstand, daß sich ein Knopf bildet, den man leicht durch das Loch in dem Stopfen hindurchzwängen kann. Behandle ebenso das obere Ende des Glasstabes und setze den Kolben von unten her ein. Er soll streng in das untere Ende des Stiefels hineinpassen. Der untere Stopfen kann aus Kautschuk oder Kork sein, und die Glasröhre R' soll nicht ganz hindurchführen. Verwendet man Kork, so bohre man von dem kleinern Spiegel aus das Loch, damit nicht sein Rand zerrissen wird und der Verschuß schlecht arbeitet. Kann man kein Loch in die Glaswand bohren, so bringe man kein Ablaufrohr R an und lasse das Wasser über den obern Rand fließen.

Doch macht das Ablaufrohr das Modell vollständiger. — Fülle Baileys Gefäß Z oder eine Flasche mit Wasser, schiebe das Saugrohr R' durch den Stopfen und verschließ alle andern Öffnungen. Bewege den Kolben auf und ab. Die Pumpe liefert kein Wasser. Öffne nun ein Loch und pumpe wiederum. (BJ 83 Aux. 13.)

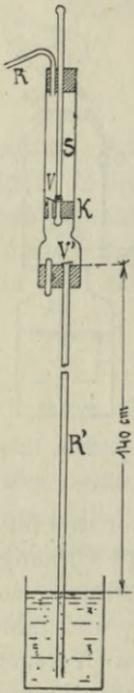


Fig. 273.

**380.** Passe einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen (Fig. 273) in die untere Mündung eines kleinen Argand-Lampenglases ein, verstopfe die eine Öffnung und setze in die andere eine lange Glasröhre R' ein oder eine kurze Glasröhre mit einem Kautschukschlauch, der nach einem Wasserbehälter hinabführt. Schneide von dem obern Ende des Lampenglases  $\sim 3,8$  cm ab. Das übriggebliebene obere Glasrohr hat überall nahezu den gleichen Durchmesser. Benutze als Kolben K einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen und umwickle ihn gleichmäßig mit einem weichen Baumwollfaden, damit er gut schließt. Verwende kleine Stücke Kautschukhaut als Schließklappen V und V'. Als Kolbenstange S diene ein Glasstab. Erweiche in der Flamme seine Enden, presse sie gegen eine harte Fläche und stelle so Endknöpfe her. Winde gewachsenen Faden fest um den Stab dicht über dem Kolben und verhindere so dessen Aufwärtsgleiten. Setze in das obere Ende des Stiefels einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen ein und in diesen eine gebogene Glasröhre R, die als Abflußrohr dient. (W 40 Nr. 41.)

**381.** F. Ellemann (PB 3, 34; 1896) verwendet statt der Kautschukstopfen Korke und als Schließklappen V, V' Münzen oder flachgeschlagene Bleistücke und hält sie durch Drahtbügel oder Stecknadeln an ihren Stellen (Fig. 274). Die Kolbenstange verfertigt er aus starkem Draht.

**382.** Frick (L F 1, 2, 897) benutzt als Pumpenstiefel eine höchstens 2 cm weite starke Glasröhre AB (Fig. 275) und als Saugverschluß einen in der Mitte mehrfach fein durchbohrten weichgeklopften Kork C, worauf an einer Seite ein Lappen von geschwefeltem Kautschuk angenagelt ist, der die Löcher bedeckt. Um den hölzernen Kolben ist ein in die Glasröhre passendes Stück Kautschukschlauch gebunden. Eine Kolbenklappe fehlt, da der hölzerne Kolben merklich enger ist als die lichte Weite des Kautschukschlauchs. Den an seine Stelle gebrachten Kork C, überpinselt man am Rande mit Siegelackfirnis und stellt so einen luftdichten Verschluß her.



Fig. 274.

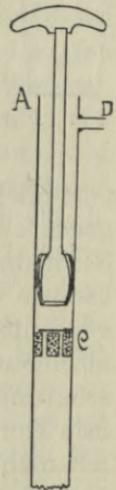


Fig. 275.

**383.** Donath (D 102) verwendet als Pumpenstiefel zwei  $\sim 2$  cm weite starkwandige Glasröhren o und u (Fig. 276), die durch das runde Holzstück a verbunden sind. Das Holzstück a, das bequem in die Röhren hineinpaßt, schneidet man von einer  $\sim 10$  cm langen Walze aus Weißbuchenholz ab. Diese läßt man vom Drechsler drehen und mit einer 7 mm weiten Durchbohrung versehen. Aus derselben Holzwalze stellt man auch die obere Führungsscheibe, den Stopfen für das Saugrohr, den Kolben b und den Sitz für die Bodenklappe c her. Diese Holzstücke, mit Ausnahme des Kolbens, kittet man mit Siegelack in die Röhren ein. Den Kolben b kerbt man an der Wand tief ein und umwickelt ihn so dick mit Baumwollenfaden, daß er an der Glaswand anliegt, ohne sich zu klemmen. In den Kolben kittet man eine Drahtgabel, und daran lötet man als Stange einen Draht an. Als Verschluß (B) benutzt Donath eine kleine in einem Gelenk bewegliche Blechklappe, auf deren Unterseite ein Lederscheibchen gekittet ist. Das Gelenk stellt man durch Umbiegen des Blechrandes her. Das Überschlagen der Klappe verhindert man durch einen kleinen Haken, den man daneben ins Holz einbohrt. Einen sehr brauchbaren, aber nicht so dauerhaften Verschluß erhält man, wenn man ein Stückchen breites Gummiband ziemlich schlaff über die Öffnung spannt.

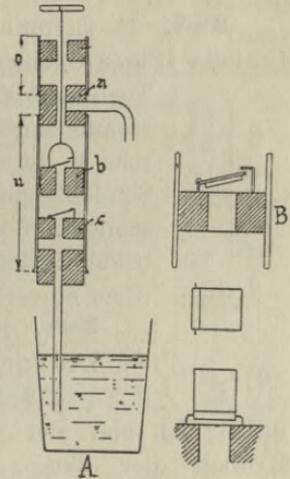


Fig. 276.

**384.** Weinhold (W V 197) verwendet als Pumpenstiefel eine  $\sim 15$  cm lange starkwandige Glasröhre von solcher Weite, daß ein Stückchen Kautschukschlauch eben hineinpaßt. Am besten ist es, wenn der äußere Durchmesser des Kautschukschlauchs und der innere der Glasröhre  $\sim 1,4$  cm betragen. Den Kolben stellt er dadurch her, daß er den 1,5 bis 1,8 cm langen Schlauch so um das untere Ende der hölzernen Kolbenstange bindet, wie es Fig. 277 zeigt. Er braucht also keine besondere Kolbenklappe. Als Saugklappe benutzt er ein 0,8 cm breites und 1 bis 1,2 cm langes Stückchen aus gelbem durchsichtigem Wachstaffet. Er klemmt es mit einem Bügel einseitig fest. Statt des Wachstaffets kann man auch ein dünnes ebenes Kautschukblättchen, ein Stück eines zerrissenen Kautschukbändchens, nehmen. Den Kolben muß man vor dem Einschleiben benetzen. Nach dem Gebrauch darf man ihn nicht im Stiefel lassen, sondern muß ihn anderswo aufbewahren, weil beim Trocknen der Kautschuk leicht so fest am Glas anklebt, daß man ihn ohne Verletzung nicht wieder ablösen kann.

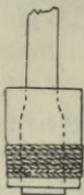


Fig. 277. besondere Kolbenklappe. Als Saugklappe benutzt er ein

**384\*.** Befestige an dem Ausflußrohr einer Saugpumpe einen

Schlauch, führe ihn nach einem höher gelegenen Behälter und versuche, Wasser hinaufzupumpen. Wie muß man die Pumpe abändern, damit dies geht? (R 1, 149.)

### C. Druckpumpe.

**385.** F. Ellemann (P B 3, 34; 1896) benutzt als Bodenverschluß  $v$  (Fig. 278) einen Marmel und als Steigrohrverschluß  $V$  eine große Tuchnadel zwischen Korken, die zweckmäßig ausgebrannt, zusammengeleimt und mit Draht verbunden sind. Das Steigrohr  $R$  ist über dem Ventil schräg abgefeilt, damit der Schließknopf beim Emporsteigen die Öffnung nicht verschließt. Soll der Verschluß sichtbar sein, so muß man beide Korke voneinander entfernen und in eine Glasröhre (Glas eines Nachtlämpchens) einschließen.

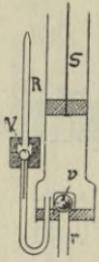


Fig. 278.

daher ist hier der Kolben der Saugpumpe (vgl. S. 191 Nr. 379) nicht verwendbar, selbst wenn man das Loch verstößelt. Als Windkessel benutze man eine möglichst große Flasche.

**387.** Donath (D105) gibt der Druckpumpe die in Fig. 280 abgebildete Gestalt. Sie ist auf die gleiche Weise wie seine Saugpumpe (vgl. S. 193 Nr. 383) angefertigt.

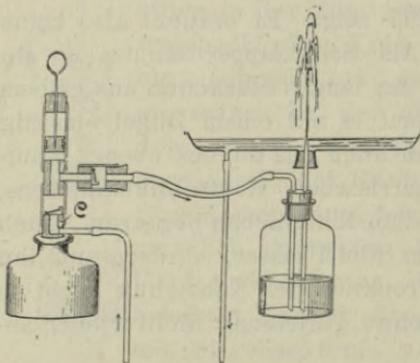


Fig. 280.

**386.** Bailey (B J 88 Aux. 19) erläutert das Wesen der Druckpumpe und der Feuerspritze mit dem Modell, das in Fig. 279 abgebildet ist. Der Kolben muß dicht schließen,

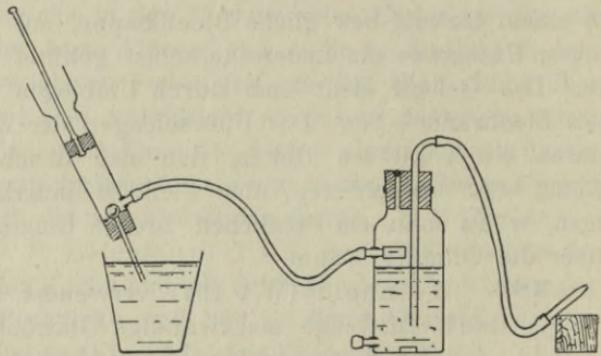


Fig. 279.

Das untere Holzstück  $C$  der Pumpe ist mit Siegelack in den Hals eines alten Tintenfassens eingekittet und der Windkessel zu einem kleinen Springbrunnen ausgestaltet.

**388.** Zieh aus dem untern Stopfen der Vorrichtung Nr. 380 (auf S. 192) den Glasstab und schiebe ihn in die Durchbohrung des Kolbens  $K$  (Fig. 273) unter die Schließklappe. Stelle aus einer weithalsigen Flasche (30 cm<sup>8</sup>) einen

Windkessel W (Fig. 281) her. Setze in das eine Loch ihres Stopfens die gebogene Glasröhre R ein, deren äußeres Ende fast zugeschmolzen ist. Bringe im Innern der Flasche über der andern Öffnung des Stopfens eine Schließklappe V an, die ebenso beschaffen ist wie die bei der Saugpumpe (Nr. 380) benutzte und setze in diese Öffnung die gebogene Glasröhre G ein, die den Windkessel mit dem Pumpentiefel verbindet. (W. 41 Nr. 42.) Dieses Modell ist offenbar eine Umformung der handfestern Vorrichtung Weinholds (W V 200). An dieser ist besonders beachtenswert, daß

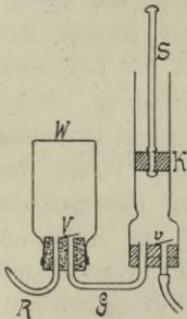


Fig. 281.

die aus Wachstaffet oder Kautschuk hergestellte Schließklappe des Windkessels in ein Blechstreifen von der Form Fig. 282A eingeklemmt ist, das mit seinem spitzen Ende in den Kork gesteckt wird, und daß der Kolben B mit einem Kautschukschlauch gedichtet ist, der in der Mitte zusammengeschnürt wird, damit er nach beiden Seiten eine Erweiterung bildet und dem Wasser nach keiner Richtung den Durchgang gestattet.

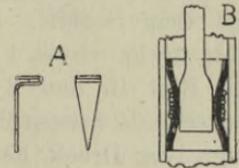


Fig. 282.

**389.** Horror vacui. Fülle eine kleine enghalsige Flasche mit Sand oder mit Quecksilber und setze sie umgekehrt auf einen Dreifuß, der in einem großen Gefäß voll Wasser steht.

D. Blutkreislauf.

**390.** Ein 30 cm langes spanisches Rohr A (Fig. 283) vertritt die Haargefäße des menschlichen Körpers. Der Spritzball D ersetzt das Herz. Ein 120 cm langer Kautschukschlauch B stellt eine Schlagader (Arterie) dar und ein anderer

60 cm langer Schlauch C eine Blutader (Vene). Ein kurzer Schlauch E vertritt das Hauptlymphgefäß. Eine Y-förmige Röhre verbindet die Schläuche C und E mit der Spritze D. Gefärbtes Wasser ersetzt Blut

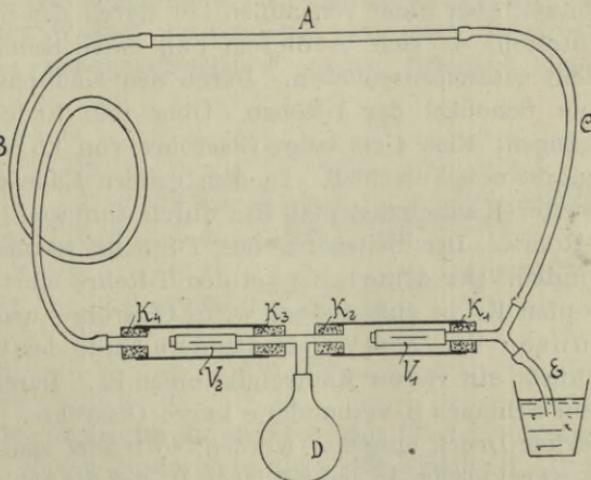


Fig. 283.

und Lymphe. So oft man den Spritzballon zusammendrückt und dadurch Wasser in den Schlauch B, die Schlagader, hineinpreßt, kann man den Pulsschlag fühlen, wenn man den Schlauch zwischen Daumen und Zeigefinger nimmt. Macht man in den Schlauch B einen Schnitt, so spritzt Wasser heraus, sobald man den Ball zusammendrückt. Dies zeigt, wie eine verletzte Schlagader blutet. Die Poren des spanischen Rohrs A setzen der Wasserströmung einen beträchtlichen Widerstand entgegen. Dieser bewirkt ein Anschwellen der Schlagader. Die federnde Wand dieses Gefäßes erhält zwischen zwei Zusammenziehungen des Herzens (Zusammenpressungen des Spritzballs) eine stetige Strömung durch den Rohrstock (die Haargefäße) andauernd aufrecht; es besteht daher im Schlauch C, der eine Blutader darstellt, eine gleichmäßige Strömung ohne Schlag. Wird die Blutader C aufgeschnitten, so rieselt die Flüssigkeit gleichmäßig aus dem Schnitt. Infolge des Drucks sickert aus der Wand des Rohrstocks etwas Flüssigkeit, gerade so wie aus den Haargefäßen das Blut in den Körper. Die nahe beim Herzen in die Hohlader eintretende Seitenröhre E führt, wenn dort kein positiver, sondern ein negativer Druck herrscht, dem Kreislauf ebensoviel Flüssigkeit zu, wie durch die Haargefäße austritt.

Bei dieser Vorrichtung kann man verschiedene Arten von Spritzen verwenden. Die in Fig. 283 abgebildete ist folgendermaßen hergestellt: Man zieht über einen sich verjüngenden hölzernen Federhalter einen  $\sim 3,8$  cm langen Kautschukschlauch und macht mit einem scharfen Messer einen kurzen Schlitz in seine Wand. Man verschließt das eine Schlauchende mit einem kurzen Glasstab oder auch mit einem  $\sim 0,6$  cm langen Stück des hölzernen Federhalters und erhält so einen tadellosen Bunsen-Verschluß. Die in den Schlauch hineingedrückten Flüssigkeiten oder Gase können durch den Schlitz austreten; sie können aber nicht von außen her durch den Schlitz in den Schlauch eintreten, da sich in diesem Fall seine Schnittflächen vollkommen dicht zusammenschließen. Durch den Kautschukstopfen  $K_1$  führt der eine Schenkel der Y-Röhre. Über sein Ende ist der Verschluß  $V_1$  gezogen. Eine 4 cm lange Glasröhre von 1,5 cm innerm Durchmesser umgibt den Verschluß. In dem andern Ende der Glasröhre sitzt ein zweiter Kautschukstopfen  $K_2$ , durch ihn geht das eine Ende eines T-Rohrs. Der Seitenarm des T-Stücks ist mit dem Spritzball verbunden. Der dritte Schenkel des T-Rohrs führt durch den Kautschukstopfen  $K_3$  in eine andere weite Glasröhre und trägt einen zweiten Bunsen-Verschluß  $V_2$ . Das andere Ende der weitem Glasröhre verschließt ein vierter Kautschukstopfen  $K_4$ . Durch ihn führt eine mit dem Schlauch B verbundene kurze Glasröhre. Soll auf den Ball ein starker Druck ausgeübt werden, so bindet man die Stopfen fest. Es ist zweckmäßig, in den Schlauch B, der die Schlagader darstellt, einen Hahn einzufügen. Man stellt ihn bequem folgendermaßen her: Man



artiger Verschluß sitzt auf dem Ende der Röhre, die durch den Boden der Flasche B geht. Die Löcher kann man durch die Mitten der Flaschenböden bohren; stellt man sie aber mit einer Feile her, so ist es bequemer, sie an den Bodenrändern anzubringen. Die Glasröhren setze man mit kurzen Schlauchstücken luftdicht in die Löcher ein. Man mache die Glasröhren, woran die Verschlüsse sitzen, anfangs länger als die Flaschen, führe sie durch die Flaschenhäse ein und verkürze sie dann. Der lange Schlauchansatz in der Figur ist aus den Kautschukschläuchen  $K_1, K_2, K_3, K_4$ , aus den Glasröhren  $G_1, G_2, G_3$  und aus einem kurzen spanischen Rohr R hergestellt. Die Röhre  $G_3$  am äußersten Ende ist eine Ausflußröhre. In jede der beiden andern Glasröhren  $G_1$  und  $G_2$  ist ein kleiner Ritz von solcher Größe eingefeilt, daß man die Schläuche über die Einschnitte streifen und diese so verschließen kann. An der Glasröhre des Verschlusses in der Flasche B sitzt der Kautschukschlauch  $K_5$  und daran die unter scharfem Winkel umgebogene Glasröhre  $G_4$ , die über den Rand des Trinkglases D hängt wird.

a) Entferne von der Vorrichtung die Stücke  $G_1$  bis  $G_3$  und hänge den kurzen Schlauch  $K_1$  in eine Schüssel, die zum Auffangen des Wassers dient. Pumpe mit der Vorrichtung durch abwechselndes Zusammendrücken und Entlasten des Balls Wasser aus dem Glase D in das Auffangegefäß. Stelle durch Versuche fest,  $\alpha$ ) wie die Pumpe zu halten ist, damit sie einen Wasserstrom liefert und in jeder Flasche eine beträchtliche Luftmenge bleibt,  $\beta$ ) wie, damit nur in einer Flasche Luft bleibt, und  $\gamma$ ) wie, damit beide Flaschen mit Wasser gefüllt werden.

b) Pumpe mit der Vorrichtung Luft.

c) Die Vorrichtung mit dem langen Schlauchansatz dient zur Erläuterung des Blutkreislaufs. Die Pumpe stellt das Herz dar, die Schlauchverbindung  $K_1, G_1, K_2$  zwischen der Pumpe und dem Rohrstock R eine Schlagader, der Rohrstock die Haargefäße und die anschließende Schlauchverbindung  $K_3, G_2, K_4, G_3$  ( $G_3$  wird dabei in das Wassergefäß D getaucht) eine Blutader. So oft man den Ball zusammendrückt, springt aus dem Einschnitte der Glasröhre  $G_1$  Wasser heraus und erläutert, wie aus einer verletzten Schlagader das Blut herausspritzt. Schiebe den Schlauch über das Loch in  $G_1$  und pumpe von neuem. Das langsame gleichmäßige Herausrieseln des Wassers aus dem Rohrstock und aus dem Einschnitt in der Röhre  $G_2$  zeigt, wie eine Wunde blutet, wenn ein Haargefäß oder eine Blutader verletzt worden ist. Laß den langen Schlauchansatz  $K_1$  bis  $G_3$  auf dem Tisch liegen, setze die Pumpe in Gang und drücke auf den Schlauch  $K_3$  oder biege ihn scharf hinter dem Rohrstock R um. Das Herauspritzen von Wasser aus der Ausflußröhre  $G_3$  zeigt, wie Körperbewegung den Blutumlauf steigert. (B J 96 Aux. 29.)

## 2. Luftpumpe\*).

Es ist bis jetzt nicht gelungen, mit einfachen Mitteln Modelle einer Hahnluftpumpe anzufertigen, womit man deren Wirkungsweise zeigen könnte. Es ist wohl möglich, Modelle einer Geryk-Ölluftpumpe (vgl. H. Hahn, Z 14, 285; 1901) herzustellen. Ein ausgezeichnetes Öl dafür ist das Mineralöl Nr. 94 von Siegfried Reiche, Berlin SO, Köpenicker Straße 48/49. Die Möglichkeit, Luft ebenso wie Wasser wegzupumpen, kann man leicht nachweisen und auch Modelle von Luftpumpenhähnen ohne Mühe herstellen.

**393.** Stelle auf ein Sandbad ein Schälchen mit Jod, decke es mit einer Glasplatte zu und erwärme. Saug die violetten Dämpfe mit einer Spritze oder mit dem Modell einer Wasserpumpe (vgl. Nr. 372 bis 384) ab. Poske (Z 15, 323; 1902) verwendet statt Joddämpfe Salmiaknebel und Rauch.

**394.** Verbinde eine Spritze (oder ein Pumpenmodell), deren Kolben hineingedrückt ist, durch einen kurzen dickwandigen Schlauch mit dem Blaserohr einer Spritzflasche oder mit einem offenen Spannungsmesser (Fig. 286), der mit gefärbtem Wasser gefüllt ist. Bei dem Herausziehen des Kolbens wird Luft eingesogen. Einfacher ist es, die Mündung der Spritze oder das Ende des Saugrohrs der Pumpe gegen eine Kerzenflamme zu richten und durch die Bewegung der Flamme zu richten und durch die Bewegung der Flamme das Einsaugen der Luft nachzuweisen.

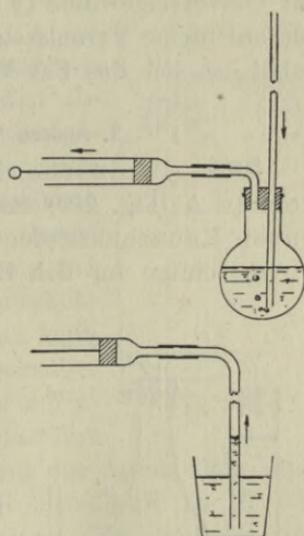


Fig. 286.

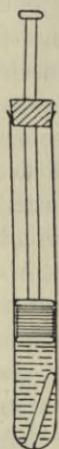


Fig. 287.

**395.** Einfache Glasluftpumpe (Fig. 287). Passe in ein starkwandiges Prüfgläschen einen Kolben ein, der durch Baumwollfäden gedichtet ist. Feuchte diese an und drücke den Kolben langsam hinein. Die Luft entweicht durch die Poren der Baumwolle. Drehe jetzt den Kolben einigemal herum und schließe so die Gänge, die durch das Entweichen der Luft entstanden sind. Gieß erforderlichenfalls noch etwas Wasser oder besser Öl auf den Kolben und ziehe ihn dann schnell empor. Man fühlt den Luftdruck. Beim Loslassen schnellt der Kolben zurück. (B Sch 67 Nr. 169.)

**396.** Hahnmodelle. a) Stelle aus Kork Modelle von Luftpumpenhähnen her, zieh durch die Durchbohrungen verschieden gefärbte Fäden und binde die Enden zusammen.

\*) Die Luftpumpe erklärt man im Unterricht vollständig erst bei der Behandlung der Spannkraft der Luft.



Fig. 288.

b) Stelle einen Senguerdschen Hahn (Fig. 288) aus Pappe her, überklebe ihn mit gelbem Papier und deute die Durchbohrungen durch aufgeklebtes schwarzes Papier an. (B Sch 68 Nr. 171.)

**397.** Verfügt man über ausreichenden Wasserdruck, so verwende man eine Wasserluftpumpe (vgl. § 34 Nr. 661). Sehr zu empfehlen ist die recht leistungsfähige und billige Pumpe von Wetzell.

**397\*.** Die Fahrradpumpe (Fußpumpe) kann man zum Luftverdünnen benutzen, wenn man die Lederkappe des Kolbens verkehrt, also mit dem Boden nach unten, einsetzt, das Luftloch verschließt und mit einem Kugelschluß (Bav-Ventil von Weiland & Co. zu Nürnberg) den Behälter gut abschließt, worin man die Luft verdünnen will. Zur Verbindung verwendet man Pumpenschlauch und Pumpennippel mit Universalgewinde (Freyer, Z 25, 30; 1912). Herr Dr. Burchardt hat auf meine Veranlassung Versuche mit der Radpumpe ausgeführt; dabei hat sich das Bav-Ventil nicht bewährt.

### 3. Andere Vorrichtungen zur Luftverdünnung.

**398.** Papinscher Kolben. Passe in einen dickwandigen Rundkolben A (Fig. 289) mit weitem Hals einen doppelt durchbohrten guten Kautschukstopfen B ein und in dessen Löcher Glasröhren C, wovon einige an den Enden zugeschmolzen sind und als Schließ-

stöpsel dienen, während andere offen und teils gerade, teils ein- oder zweimal knieförmig umgebogen sind. Gieße in die Flasche ein oder zwei Weingläser Wasser und erhitze es über einer Weingeistlampe bis zum Sieden. Verschließe zwei oder drei Minuten nach dem Beginn des Siedens die Flasche mit Glasröhren, deren beide Enden zugeschmolzen sind, oder mit Glasstabstückchen, deren Enden abgerundet sind. Entferne den Kolben von der Flamme und laß ihn erkalten. Blase gegen die Flasche oder begieße sie mit kaltem Wasser und beschleunige so das Abkühlen. Zieh den einen Glasstöpsel heraus

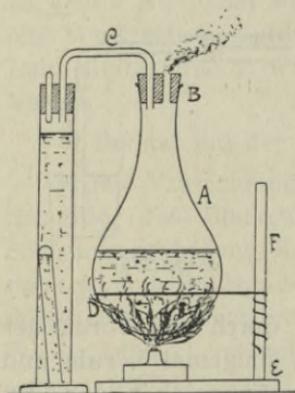


Fig. 289.

und fülle so die Flasche wieder mit Luft. Man hört das Einströmen der Luft. (SI 70 und 85.) O'Connor Sloane nennt diese Vorrichtung, die zuerst Savery aus einer italienischen Weinflasche hergestellt haben soll (Desaguliers, Experimental Philosophy, vol. II., London 1734), Saverysche Flasche. Auf Grund der Ausführungen von Gerland und Traumüller, Gesch. d. physik. Experimentierkunst 224 ff., bezeichne ich sie jedoch fernerhin als Papinschen Kolben.

Bei vielen Versuchen kann man während des Kochens den Kolben

in der Hand halten, bei manchen ist dies aber ermüdend und ein Ringgestell erwünscht. Stelle es auf folgende Weise her: Bohre durch ein Brett E (15 cm  $\times$  15 cm) in einer Ecke oder in der Mitte einer Seite ein Loch und stecke einen Stab F aufrecht hinein. Biege das eine Ende eines starken Drahts zu einem Ringe D, der so groß ist, daß man den Kolben darauf setzen kann, und wickle mit dem andern Drahtende eine Spule dicht um den Stab F. Verschiebe die Spule und gib so dem Ringe die richtige Höhe und befestige ihn in dieser Stellung mit einem Stift.

Als ich vor Jahren viele Versuche mit dem Papinschen Kolben anstellte, drückte mir die äußere Luft öfters Flaschen ein. Das ist zwar im allgemeinen gefahrlos, doch ist es ratsam, vor und hinter dem Papinschen Kolben dicke Glasplatten aufzustellen und so die Schüler und sich selbst zu schützen.

**399.** (Sauggefäßrezipient. Fig. 290). Setze in den Hals einer weithalsigen Flasche (1000 cm<sup>3</sup>) einen doppelt durchbohrten guten Kautschukstopfen ein, verschließ eine Öffnung mit einem kurzen Glasstabe, der an den Enden abgerundet ist, stecke in das andere Loch eine gebogene Glasröhre und schiebe über ihr äußeres Ende einen  $\sim$  45 cm langen dicken Kautschukschlauch (Luftpumpenschlauch) von  $\sim$  4,5 mm innerm Durchmesser. Bei vielen Versuchen über Verdünnung und Verdichtung der Luft genügt es, an dem Kautschukschlauch zu saugen oder hineinzublasen. Man kann so Spannungen von 40 cm bis 90 cm Quecksilber herstellen. Ist eine stärkere Verdünnung oder Verdichtung erforderlich, so verbindet man die Glasröhre durch einen kurzen Luftpumpenschlauch mit der Ansatzröhre einer Wasserluftpumpe oder eines Papinschen Kolbens. (W 25 Nr. 24.)

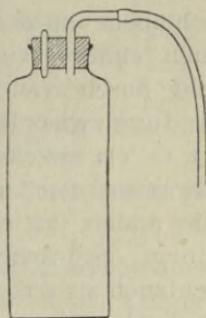


Fig. 290.

**400.** Verbindungen und Dichtungen. Es empfiehlt sich, bei allen Versuchen mit verdünnter und verdichteter Luft Schlauchverbindungen zu vermeiden, und wenn dies unmöglich ist, stets nur kurze und dickwandige gute Schläuche zu verwenden. Zur Verbindung von Röhren bis 4 mm Durchmesser z. B. benutze man dickwandigen Kautschukschlauch von  $\sim$  2 mm lichter Weite und 6 mm äußerem Durchmesser. Die Kanten der Glasröhren soll man abrunden und dann diese in ein  $\sim$  3 cm langes Schlauchstück hineindrücken, bis sie sich gegenseitig berühren (Fig. 291). Man winde um jedes Schlauchende einen weichen Kupferdraht von weniger als 1 mm Stärke einmal herum und drehe ihn mit einer Zange dicht zusammen. Man kann, um die Verbindung noch mehr zu sichern, zwischen Glas und Kautschuk mit einem erwärmten Eisenspatel etwas Hahnfett oder ein Kautschukschmiermittel einführen.

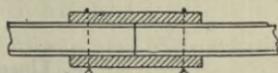


Fig. 291.

Es ist verwerflich, die Enden der Glasröhren zu erhitzen und heiß in den Kautschukschlauch einzuschieben. Die Verbindung kann man, um sie in höherm Grade luftdicht zu machen, in Quecksilber einschließen und darauf Schwefelsäure schichten. Um enge Röhren mit Röhren von größerm Durchmesser zu verbinden, ziehe man die weitere Röhre bei A (Fig. 292) zu einem Hals aus, schiebe dann ein Stück starkwandigen Kautschukschlauch auf das Ende des engen Röhrechens und drücke es in den Hals des weiten Rohrs hinein. Den Raum oberhalb dieser Verbindung fülle man mit Quecksilber oder mit einer andern Flüssigkeit. (Travers-Estreicher, Experimentelle Untersuchung von Gasen 19.)

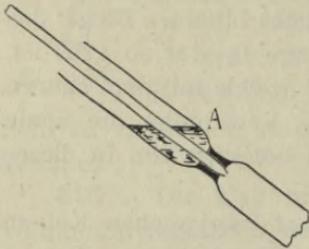


Fig. 292.

Gute und bequeme Dichtungen erhält man mit Rizinusöl. Man bestreicht vor dem Zusammensetzen Glaswände, Kautschukstopfen oder Schläuche an den Verbindungsstellen mit Rizinusöl. Nach dem Versuch entfernt man es wieder mit verdünnter Kali- oder Natronlauge und durch reichliches Nachspülen mit reinem Wasser. Bei der Verbindung zweier Röhren (Fig. 293) ist es oft zweckmäßig, die eine etwas auszuweiten (F 1, 18 § 8, 8), die andere an einem Ende mit einem Stückchen Kautschukschlauch zu versehen, beide Röhren, ebenso wie den Schlauch, zuvor mit Rizinusöl zu bestreichen und dann ineinander zu schieben. Andere Verbindungsarten zeigen nach Ostwald-Luther, Physico-chem. Messungen<sup>3</sup> 220 und 275 die Figuren 294 und 295.



Fig. 293.

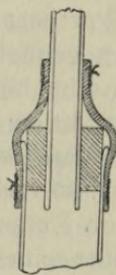


Fig. 294.



Fig. 295.

Als Fette zu Dichtungen kommen in Frage: Rizinusöl; Vaseline; Wachs mit Schweinefett; Talg mit Schmalz oder Olivenöl, oder Wachs mit Knochenöl zu passender Dicke verarbeitet; ein Gemisch aus Wachs und Vaseline; weißes Paraffin mit Vaselineöl. (Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik<sup>11</sup> 41 Nr. 22. Ostwald-Luther, a. a. O. 190. V A 125. M T 121. R 1, 59 u. 152.)

#### 4. Einseitige Verminderung des Luftdrucks.

**401.** a) Binde über die Mündung des Baileyschen Gefäßes (Fig. 296) eine dünne Kautschukhaut und befestige in einem Wandloch eine Glasröhre und daran einen kurzen dickwandigen Kautschukschlauch. Sauge Luft aus dem Gefäß und drücke dann den Schlauch

zu, damit sie nicht wieder hineindringt. Drehe die Mündung des Gefäßes nach allen Seiten. Der Luftdruck wirkt in allen Richtungen gleich stark. (B J 32 Nr. 38.)

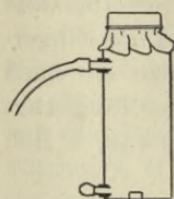


Fig. 296.

b) Binde eine recht dünne Kautschukhaut über das weite Ende eines Lampenglasses (Fig. 297), setze in das engere Ende einen Kautschukstopfen ein, wodurch eine gebogene Glasröhre führt, streife darüber einen kurzen Kautschukschlauch und sauge Luft aus. Wende die Haut nach allen Seiten. (R 1, 141 u. 155.)

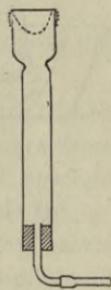


Fig. 297.

**402.** Die in der Luft aufeinander geschichteten Luftteilchen stehen übereinander wie die fünf Würfel in Fig. 298. Die vier obern Würfel ruhen auf dem untern. Nimmt man diesen Würfel weg, so sinken die obern. Die untern Luftteilchen tragen die obern. Nimmt man die untern Luftteilchen weg, so bewegt sich die Luft darüber abwärts. (F C 140.)

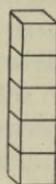


Fig. 298.

**403.** a) Lege statt der Kautschukhaut (vgl. Nr. 401 a) die Hand auf Baileys Gefäß und sauge möglichst viel Luft heraus. Kehre die Hand um und drehe sie nach allen Seiten. Ist der Versuch gut ausgeführt, so fällt das Gefäß nicht ab. Man kann es nur schwer von der Hand wegziehen. (B J 33 Nr. 39.)

b) Sauge mit dem Munde Luft aus dem einseitig geschlossenen Rohr eines Federhalters, aus einer Federbüchse, aus einem Fingerhut, aus einer kleinen Flasche, aus einer kurzen, an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre und drücke dann die Mündung schnell gegen die Oberlippe oder die Zunge. (T 98.)

c) Befeuchte mit Wasser einen kurzen Kautschukschlauch, der an dem einen Ende mit einer Schrotkugel verschlossen ist, presse ihn mit den Fingern oder den Zähnen zusammen und drücke die Zunge gegen die Öffnung. Man kann den Schlauch nicht abschütteln. (B J 33 Nr. 41.)

d) Entzünde ein zusammengefaltetes Stück Papier, halte ein Wein- glas mit der Öffnung über die Flamme, bis es warm geworden ist, und drücke es dann gegen die befeuchtete innere Handfläche. Das Glas haftet daran, und das Fleisch schwillt ins Glas hinein. Drehe die Hand um. Das Glas fällt nicht ab. (B S 69 Nr. 69.)

e) Löte ein Häkchen mitten auf die Wölbung eines Fingerhuts. Faß ihn am Häkchen, erwärme ihn etwas über der Lampe und drücke ihn gegen den befeuchteten Daumenballen oder gegen eine angefeuchtete Glasplatte oder Schiefertafel. Je mehr sich der Fingerhut abkühlt, desto fester wird er angedrückt. Hänge an das Häkchen ein Gewicht und miß die Größe des Drucks. (B Sch 59 Nr. 139.)

f) Fülle einen Fingerhut mit Äther oder Benzin und bedecke ihn mit einem dicken Löschblatt und mit einer Glasscheibe. Drücke den Fingerhut fest gegen die Platte und drehe das Ganze um, so daß nun der Fingerhut auf der Scheibe steht (Fig. 299). Die Flüssigkeit verdunstet und der Fingerhut haftet so fest an der Platte, daß man sie nach allen Seiten wenden kann, ohne daß der Fingerhut abfällt. Vgl. S. 119 Nr. 236—238. (J. Kraus, P B 3, 173; 1896.)

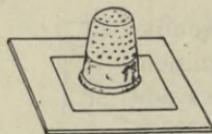


Fig. 299.

g) Gieße in einen Becher eine kleine Menge Wasser, mische eine etwas größere Raummenge Weingeist damit und entzünde mit einem Streichholz die Weingeistdämpfe. Lege nach dem Erlöschen der Flamme auf den Becher eine Glasplatte, worauf Korkstückchen befestigt sind (vgl. Nr. 419), halte die Hand auf die Glasscheibe und kehre den Becher um. Nach dem Wegziehen der Hand bleibt die Scheibe haften. (Sl 82.)

404. a) Fülle Baileys Gefäß mit Wasser, setze den Stopfen, dessen Durchbohrungen sämtlich offen sind, fest ein und verschließ dann alle Löcher mit Schrotkörnern. Den Stopfen kann man leicht in der Mündung drehen, doch nur mit großer Anstrengung herausziehen. (B J 33 Nr. 42.)

b) Saugleder (tire-pavé, sucker). Schneide aus dickem weichem Leder ein Scheibchen von 7 bis 8 cm Durchmesser (Fig. 300), durchtränke es mit Öl und laß es trocknen. Knüpfe an dem einen Ende einer starken Schnur oder eines dünnen Seils einen Knoten und zieh den Faden straff durch die Mitte des Leders. Feuchte das Scheibchen tüchtig an, lege es auf einen Pflasterstein oder Ziegelstein, tritt es mit den Füßen fest an und zieh an der Schnur. Der Stein wird emporgehoben. Man kann das Saugleder nur mit erheblicher Anstrengung vom Stein entfernen. (T 97. WE 53.)

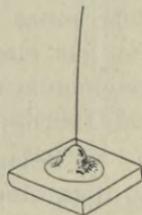


Fig. 300.

c) Schneide ein Radieschen quer durch, höhle das Innere des Stücks aus, woran der lange Schwanz sitzt. Reibe dieses Stück auf einem Teller fest an und zieh lotrecht an dem Schwanz. Der Teller wird emporgehoben. (T T 3, 21.)

d) Faraday (FC 142) verfertigte den Sauger aus einer Kautschukplatte. Er klappte ihn auf den Tisch und zog am Bindfaden. Der Sauger blieb fest haften. Er konnte ihn zwar ganz leicht von einer Stelle zu einer andern schieben, doch nur dann abziehen, wenn er ihn an den Rand des Tisches brachte. Faraday nahm dann zwei Sauger und drückte sie stark gegeneinander. Sie hafteten fest zusammen. Er befestigte die Sauger auch an einer Fensterscheibe und an einer glatten Wand und hängte allerlei leichte Gegenstände daran. Faraday sagte bei der Vorführung der Versuche: We young ones [er war schon hoch betagt] have a perfect right to take toys, and

make them into philosophy, inasmuch as now-a-days we are turning philosophy into toys.

**405. a)** Lege zwei reine ebene Glasscheiben flach aufeinander und hebe die obere empor. Die untere haftet daran.

**b)** Hauche ein Fünfmärkstück an und drücke es fest gegen die Stirn. Es haftet daran.

**c)** Lege eine große Münze (Taler, Zwei- oder Fünfmärkstück) flach auf die Hand, schlage sie kräftig gegen eine lotrechte, gut ebene Fläche, z. B. gegen eine Tür, Wandtafel, Schrankwand, und bewege sie unter festem Druck abwärts. Ziehe die Hand weg. Die Münze haftet an der Fläche. (T 94.)

**d)** Lege ein Brettchen, das 5 bis 6 mm dick, 20 cm breit und 60 cm lang ist, (oder den Deckel einer Zigarrenkiste) so auf einen Tisch, daß der Schwerpunkt über dem Rande liegt und der schwächste Stoß es zum Hinabfallen bringt. Breite über den Teil des Brettchens, der auf dem Tisch liegt, ein großes Zeitungsblatt (oder eine Schicht solcher Blätter) und streiche es mit der Hand gut auf das Brettchen und den Tisch. Haue mit der Faust kräftig auf den Teil des Brettchens, der über den Rand des Tisches vorragt. Das Brett bleibt liegen, als wenn es angenagelt wäre. Schlage nun sehr kräftig, nötigenfalls mit einem Hammer, auf den Vorsprung. Er bricht ab. (Léon Leseure, L N 12; 1884. T 86.) Auch Helmholtz pflegte in seinen Vorlesungen über Experimentalphysik diesen Freihandversuch zu zeigen.

**406.** Verbinde einen dünnwandigen Kautschukschlauch (Fig. 301) mit einem Papinschen Kolben (vgl. S. 200 Nr. 398) und verschließe beide Schlauchenden mit Quetschhähnen ( $Q_1$  und  $Q_2$ ). Verdünne die Luft in der Flasche und öffne dann den Hahn  $Q_1$ . Der Schlauch wird zusammengedrückt.

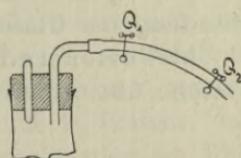


Fig. 301.

**407. a)** Kite an einen möglichst großen Glastrichter, dessen Bodenrand abgeschliffen ist, eine bleistiftstarke Glasröhre U (Fig. 302) und setze daran einen fingerlangen Kautschukschlauch K, den man mit dem Glasstäbchen D luftdicht verschließen kann. Stelle den Trichter auf eine ebene Glasscheibe AB, die mit 10 bis 15 kg\* belastet ist, verschmiere den Rand des Trichters sorgfältig ringsherum mit Talg, sauge bei D mit dem Munde die Luft nur mäßig aus, drücke den Schlauch zu und verstopfe ihn gleichzeitig. Faß den Trichter beim Stiel an und hebe ihn frei empor. Die Glasscheibe fällt nicht ab. Belastet man nicht bei dem Versuch die Scheibe, so muß man in den Stiel des Trichters Watte stopfen, damit bei einem Brechen der Scheibe keine Glassplitter in den Mund gelangen. Die

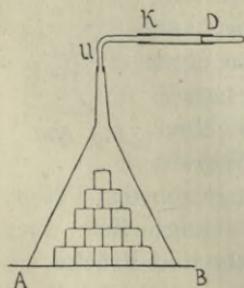


Fig. 302.

Vorrichtung läßt sich auch verwenden, um die Zeigerbewegungen eines Aneroidbarometers sichtbar zu machen. (K. Antolik, Z. 4, 124 Nr. 9; 1891.)

b) Stelle auf den Kautschukstopfen der Flasche ein Lampenglas (Fig. 303). Saug Luft heraus, erforderlichenfalls mit dem Papinschen Kolben, und hebe dann das Glas empor. Die Flasche bleibt daran hängen. (W A 29 Nr. 12.)

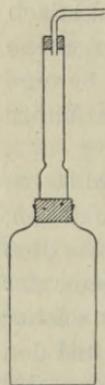


Fig. 303.

**408.** Suche zwei gleiche Becher (Fig. 304) aus, die mit ihren Rändern genau aufeinander passen. Findet man keine, so schleife man die Ränder der Gläser derart ab, daß sie gut schließen. Stelle in das eine Glas eine brennende kurze Kerze, befeuchte starkes Papier mit Wasser und bedecke damit den Becher, sobald er recht warm geworden ist. Stülpe das andere Glas, das man über einer andern Kerze erwärmen kann, so darüber, daß die Ränder beider Becher aufeinander stehen. Die Kerze erlischt. Hebe nach dem Abkühlen das obere Glas empor. Das untere bleibt daran haften. (T 96.)

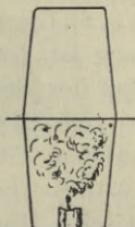


Fig. 304.

**409.** a) Glas und Teller (Fig. 305). Binde an einen Faden, der an der Zimmerdecke befestigt ist, den Fuß eines Glases. Verbrenne Papier unter dem Glas, bestreiche seinen Rand mit Talg und drücke, bevor sich die Luft abgekühlt hat, den Teller gegen die Mündung des Glases.

b) Teller und Flasche (Fig. 305). a) Halte die Mündung der Flasche über einen Kessel mit siedendem Wasser, bestreiche, sobald

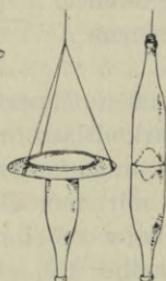


Fig. 305.

die Flasche mit Wasserdampf gefüllt ist, den Rand mit Talg und drücke ihn gegen den Teller. Wenn sich bei der Abkühlung Wasserdampf verdichtet und sich die Spannung hinreichend vermindert hat, bleibt die Flasche an dem emporgehobenen Teller haften.

β) Halte den Boden einer Flasche übersiedendes Wasser,

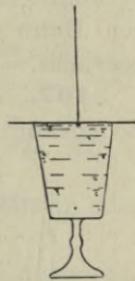


Fig. 306

bestreiche ihn am Rande mit Talg und drücke ihn gegen den Teller. γ) Halte die ausgehöhlten Böden zweier Flaschen einige Zeit über siedendes Wasser, bestreiche ihre Ränder mit Talg und drücke sie so lange gegeneinander, bis sich der Wasserdampf verdichtet hat. — (T T 1, 97).

**410.** Das verwegene Pendel (Fig. 306). Zieh durch die Mitte eines Kartonblatts einen Faden, befestige ihn auf der Unterseite

durch einen Knoten und verklebe das Loch mit Wachs, um später jedes Eindringen der Luft zu verhindern. Bestreiche den Rand eines Weinglases mit Talg, fülle es mit Wasser und decke das Blatt darauf. Hänge das Glas mit dem Faden an einen Haken in der Zimmerdecke und stoß es an. Das Pendel kann ziemlich große Schwingungen ausführen, ohne daß das Weinglas abfällt. Man kann sogar ein großes Glas verwenden, das Wasser und Kupfermünzen enthält. (T T 1, 101.)

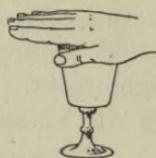


Fig. 307.

**411.** Das anhängliche Glas (Fig. 307). Fülle ein Glas fast ganz mit Wasser, lege die Fläche der Hand darauf, deren vier Finger nach unten gekrümmt sind. Strecke, während die Handfläche auf dem Glas ruht, schnell die vier Finger aus. Die Luft unter der Hand wird verdünnt. Hebe die Hand empor. Das Glas bleibt daran hängen. (T T 1, 103.)

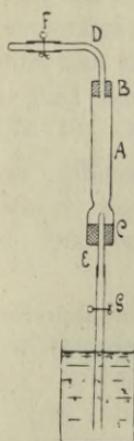


Fig. 308.

öffne den Hahn G. Das Wasser steigt in das Glas A. (Otto von Guericke, Neue magdeburgische Versuche, 3. Buch, 5. Kap., Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissensch. 59, 19.)

**b)** Stelle wie in Nr. 374 (S. 189) eine Spritze her (Fig. 309). Setze in die untere Öffnung mit einem Kautschukstopfen eine fast zugeschmolzene Steigröhre ein, tauche ihr weites Ende in Wasser und zieh den Kolben empor.



Fig. 309.

**c)** Schmelze das eine Ende einer Glasröhre fast ganz zu und stecke es durch den Stopfen des Papinschen Kolbens (Fig. 310). Biege zuvor das andere Ende der Röhre rechtwinklig um oder zieh einen kurzen Kautschukschlauch darüber. Setze den Stopfen luft-

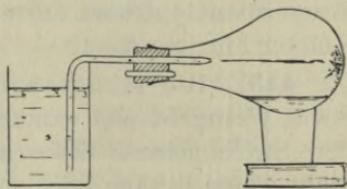


Fig. 310.

dicht auf den mit Wasser versehenen Kolben. Bringe das Wasser

zum Sieden und laß den Dampf einige Minuten entweichen. Erzeuge dabei keine zu starke Dampfspannung, damit sie den Stopfen nicht herausschleudert. Entferne den Kolben aus der Flamme, tauche das offene Rohrende schnell in kaltes Wasser und lagere dabei die Flasche wagerecht. Der äußere Luftdruck treibt in kräftigem Strahl Wasser in die Flasche. (Sl 91.)

d) Versieh den kleinen Kolben A (Fig. 311) mit der Röhre C, die fast bis auf den Boden des Papinschen Kolbens B reicht. Kehre die leere Flasche A um und stecke C durch den Stopfen des Papinschen Kolbens. Bringe das Wasser im Kolben B zum Sieden und verschließe ihn mit einem Glasstabe, sobald alle Luft herausgetrieben worden ist. Wenn sich der Wasserdampf verdichtet, entweicht aus dem eingetauchten Ende der Glasröhre C die Luft sehr rasch in Blasen. Öffne den Papinschen Kolben, sobald keine Blasen mehr aufsteigen. Sofort wird Wasser in die Flasche A gedrückt und füllt sie zum Teil. Durch wiederholtes Verdünnen der Luft in B kann man fast alle Luft aus A herausaugen. (Sl 97.)

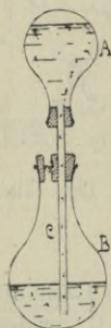


Fig. 311.

e) Halte ein Einmacheglas über ein brennendes, zusammengefaltetes Papier und tauche die Öffnung in eine Schüssel voll Wasser. Dieses steigt bei der Abkühlung der Luft ins Glas.

**413.** Das schmiegsame Ei (Fig. 312). Wirf ein brennendes, zusammengefaltetes Papier in eine leere Wasserflasche. Setze auf den Flaschenhals als Stöpsel ein geschältes hartes Ei oder ein rohes Ei, dessen Schale in Essig erweicht worden ist. Das Ei verlängert sich, schmiegt sich eng an die Wand des Flaschenhalses, reckt sich aus, gleitet den Hals hinab und fällt plötzlich mit lautem Knall auf den Boden der Flasche. (T 95.)



Fig. 312.

**414.** Entkernen eines Apfels. Setze eine scharfrandige, hinreichend lange Metallröhre mit einem Kautschukring luftdicht in den Hals eines Papinschen Kolbens, schiebe, sobald das Wasser siedet, einen Apfel drehend über die Röhre und durchbohre ihn ganz. Bei dem Verdichten des Wasserdampfs drückt die äußere Luft das Kerngehäuse heftig in den Kolben hinein. (Sl 100.)

**415.** Die sich schindende Banane. Gieße in eine Flasche etwas Weingeist und entzünde ihn durch Hineinwerfen eines brennenden Streichholzes. Setze auf den Hals der Flasche das Ende einer recht reifen Banane. Sie schlüpft unter schlüpfendem Geräusch in die Flasche hinein. Macht man zwei oder drei Längsschnitte in die Haut, so teilt sie sich in Streifen, die außen am Flaschenhals hinunterhängen. (T T 2, 41.)

**416.** Quecksilberregen. Setze den Stopfen luftdicht auf Baileys Gefäß (Fig. 313), verschließe mit einem Stück spanischem Rohr den untern Teil des einen Lochs, gieß Quecksilber in die Grube und sauge Luft aus dem Gefäß. Es ist zweckmäßig, dabei einen kurzen dickwandigen Schlauch zu benutzen. (BJ 32 Nr. 36.) Vgl. F 1, 120 Nr. 237.

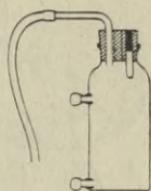


Fig. 313.

**417.** Schiebe einen runden Holzstock (Fig. 314) so durch ein Stück Kautschukschlauch, daß man damit den Papinischen Kolben luftdicht verschließen kann. Gieß etwas Wasser hinein und bringe es zum Sieden. Stecke, nachdem es einige Zeit gekocht hat, den Stock ins Wasser und klemme den Kautschukschlauch fest in den Flaschenhals. Wenn sich der Dampf verdichtet, strömt die Luft von außen durch den Stock und dringt durch das Wasser in die Flasche. Nach einiger Zeit kann man den Stock bequem herausziehen. (Sl 97.)

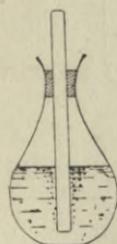


Fig. 314.

**418.** Dilatanz. a) Fülle mit trockenem Sand einen Kautschukbeutel, wie man sie für Kinderballons verwendet, am besten einen, der durch Aufblasen gut ausgedehnt worden ist. Je dünner und federnder der Beutel, desto geeigneter ist er. Stecke eine gebogene Glasröhre (Fig. 315) durch einen



Fig. 315.

durchbohrten Stopfen und setze ihn in den Hals des Beutels luftdicht ein. Schüttele den Beutel auf dem Handteller, damit sich der Sand tüchtig sackt, tauche das Ende der Röhre in gefärbtes Wasser und drücke den Beutel zusammen. Das Wasser steigt in der Röhre empor und zuweilen in den Beutel hinein.

b) Verschaffe dir einen Eisbeutel aus weißem dünnem Kautschuk von bester und stark federnder Sorte. Verschließe den Hals mit einem Kautschukstopfen und befestige diesen recht sicher mit Bindfaden oder mit einem starken Kautschukringe. Fülle den Beutel fast ganz mit Sand und gieß Wasser hinein, bis alle Luft verdrängt worden ist. Stecke in den Stopfen eine gebogene Glasröhre, tauche ihr freies Ende in ein Gefäß mit Quecksilber und drücke den Beutel fest zusammen (Fig. 316). Das Wasser verschwindet, das sich über dem Sand angesammelt hat, der Kautschuk wird um den Stopfen herum runzlig und faltig, das Quecksilber steigt und zeigt eine nahezu vollkommene Luftleere an, falls die Röhre vor dem Versuch ganz mit Wasser gefüllt worden ist, und der Beutel wird verhältnismäßig fest.

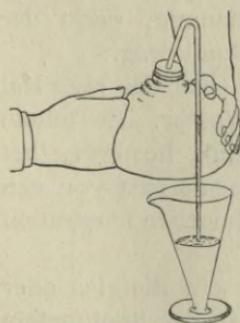


Fig. 316.

c) VerschlieÙe die Durchbohrung des Stopfens mit einem Glasstabe, drücke und schüttle gleichzeitig den Beutel andauernd. Man kann ihn so mühelos zu einer unregelmäßigen Walze ausrollen oder eine Scheibe daraus kneten. (Fig. 317.)



Fig. 317.

d) Stelle die Scheibe aufrecht und drücke darauf. Sie gibt ein wenig nach, wenn dein ganzes Gewicht darauf lastet, und nimmt schließlich ihre endgültige Gestalt an. Man kann so feste Blöcke herstellen (Fig. 318). Lege einen solchen Block hin, mit dem Stopfen nach oben gekehrt, oder bringe ihn in die Stellung, die er beim Schütteln hatte. Die geringste Erschütterung genügt, ihn sofort in die ursprüngliche weiche Masse aus Sand und Wasser überzuführen. — Statt Sand kann man, wenn auch weniger vorteilhaft, Schrot oder andere kleine Körper, selbst große Marmel von 1,8 cm Durchmesser benutzen. Die Festigkeit dieser Gebilde wird durch den Luftdruck hervorgerufen. Er wirkt jeder Umlagerung der Sandkörner entgegen, die den Raum vergrößern würde. — (Reynolds, Phil. Mag., 1885 Dez. Sl 132.) Vgl. auch E. Askenasy, Verhandl. d. Heidelberger naturw.-mediz. Vereins N F 6, 381; 1900.



Fig. 318.

### 5. Die Größe des Luftdrucks an der Erdoberfläche.

419. a) Fülle ein Weinglas mit ebenem Rande (Fig. 319) ganz mit Wasser, bedecke das Gefäß mit einem Blatt gutem Briefpapier oder dünnem Zeichenpapier, drücke die flache Hand darauf und kehre das Glas vorsichtig über einer großen Schale um. Sie soll das Wasser auffangen, wenn der Versuch mißglückt. Nimm nun die Hand weg.

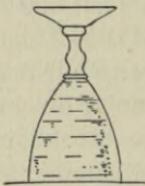


Fig. 319.

b) Faraday (F C 143) füllte das Glas das eine Mal ganz und das andere Mal halb voll Wasser. Er leitete den Versuch mit den Worten ein: I think, however, that you boys ought to be shewn experiments that you can make at home; and so here is a very pretty experiment in illustration of the pressure of the atmosphere.

c) Nimm statt des Weinglases ein Wasserglas, ein Bierglas oder eine weithalsige Flasche mit ebenem Rand und statt des Briefpapiers ein Stück Karton. Es ist einwandfreier, beim Umkehren das Papier statt mit der Hand, mit einem Brettchen, Teller u. dgl. festzudrücken. Ist der Glasrand gut und das Papier porig, so kann man, ohne das

Papier dabei festzudrücken, das Glas neigen, ganz umkehren, ja sogar nach allen Seiten wenden (C E 33 Nr. 45) und nachweisen, daß der Luftdruck nach allen Richtungen gleich stark wirkt. Doch ist bei diesem Versuch und dem zweiten von Faraday zu beachten, daß im Innern des Gefäßes ein luftverdünnter Raum entsteht. Vgl. S. 119 Nr. 236—238.

c\*) Nimm zu dem Versuch (a) eine an einem Ende geschlossene Glasröhre, wie man sie bei ältern Vorrichtungen für die sogenannte Wasserzersetzung verwandte (Fig. 319 a). Befestige in einer Gestellklemme einen Nagel und hänge die Vorrichtung daran. (R 1, 142.)

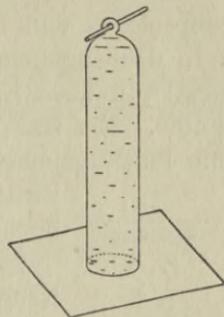


Fig. 319 a.

d) Wiederhole den Versuch (a) mit einer weithalsigen Flasche und verschließe sie statt mit einem Papierblatt mit einer ebenen Scheibe aus Holz, Weißblech, Zink, Blei oder Glas, am besten mit einer matt geschliffenen Deckplatte. (B J 56 Nr. 85.) Kitte mit Siegelack oder Picein vier Korkstücke auf die Glasplatte (Fig. 320), um zu verhindern, daß sie seitwärts abgleitet. (Sl 82.)



Fig. 320.

e) Wiederhole die Versuche (a) und (d) mit Baileys Gefäß und öffne dann das Ausflußloch im Boden. (B J 32 Nr. 37.) Statt Baileys Gefäß kann man auch einen

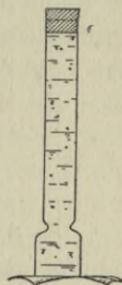


Fig. 321.

Trichter oder ein Lampenglas verwenden (Fig. 321). (J. Holden, P P 1, 120; 1888.)

420. a) Tauche in ein Gefäß mit Wasser eine kleine Arzneiflasche, deren Hals höchstens 5 mm weit ist. Verschließe sie mit dem Finger, sobald sie gefüllt ist, drehe sie mit der Mündung nach unten, hebe sie aus dem Wasser und entferne den Finger. Es fließt kein Wasser heraus. Der Luftdruck wirkt nach oben.

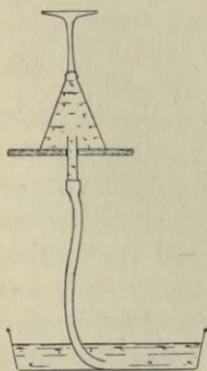


Fig. 322.

b) Verbinde Baileys Gefäß und die Blechbüchse (Fig. 60 S. 30) durch einen Kautschukschlauch. a) Setze den Stopfen auf das Gefäß und fülle die Büchse mit Wasser. β) Fülle beide Gefäße mit Wasser, setze den Stopfen auf das Gefäß und gieß das Wasser aus der Büchse. (B J 36 Nr. 49.)

c) Bohre durch die Mitte einer Glasplatte oder eines ganz ebenen dünnen Holzbretts ein Loch und befestige darin eine kurze Glasröhre (Fig. 322). Streife über die eine Mündung das Ende eines 1 m langen Kautschuk-

schlauchs. Tauche diese Vorrichtung und ein Weinglas oder einen Becher mit ganz ebenem Rand in eine Waschschüssel und fülle alles mit Wasser. Klemme das untere Ende des Schlauchs zu oder verstöpfe es und lege die Platte auf die Mündung des Glases. Hebe nun das umgekehrte Glas so weit empor, wie es der Schlauch gestattet, dessen unteres Ende im Wasser bleiben muß. Öffne den Schlauch unten. Die Glasplatte bleibt haften. Hat man ein zweites Loch in die Platte gebohrt und mit Klebwachs verschlossen, so tritt nach der Beseitigung dieses Verschlusses die Luft in Blasen ein, doch fließt kein Wasser aus dieser Öffnung. (SI 83.)

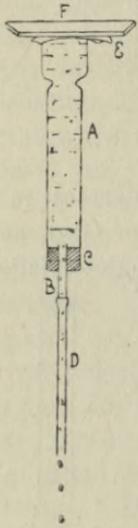


Fig. 323.

d) Kehre ein Lampenglas A (Fig. 323) mit ganz ebenem Rand um und verbinde seine untere Mündung durch eine Glasröhre B, die durch den Kork C führt, mit dem Gummischlauch D. Befeuchte ein Stück Löschpapier E, lege es auf den obern Rand des Glases und darauf eine ebene Platte F, etwa eine Glasscheibe oder ein Teebrett. Fülle das Glas mit Wasser und drücke es an die Platte. Es haftet daran. (J. Holden, P P 1, 120; 1888.)

e) Wiederhole den Versuch Nr. 419 a, doch benutze dabei ein Blatt Papier, worein zuvor mit einer Stecknadel viele Löcher gestochen worden sind.

f) Binde ein Stück Baumwollentüll von  $\sim 2$  mm Maschenweite über ein Einmacheglas (500 bis 1000 cm<sup>3</sup>). Gieß es ganz voll Wasser, bedecke es mit einem ebenen Teller, kehre es so um, daß die Mündung genau wagerecht steht, und nimm den Teller weg. Das Wasser bleibt im Glase hangen, so lange die Mündung wagerecht liegt. (W V 156. W D 186.) Vgl. S. 77 Nr. 152.

g) Wiederhole den Versuch Nr. 419 d mit einem seidnen Schleier oder einem Drahtnetz. (B J 56 Nr. 85.)

h) Benutze bei den Versuchen a, e, f, g Baileys Gefäß und öffne die Ausflußröhre in der Nähe des Bodens. (B J 32 Nr. 37.)

**421.** Der Danaiden Rache (Fig. 324). Fülle das eine von zwei gleichen Gläsern ganz mit Wasser und das andere ganz mit Rotwein. Lege auf das Glas Wasser ein angefeuchtetes kleines Stück Tüll, das etwas breiter als das Glas ist, und schlage das überstehende Zeug um den Rand des Glases. Lege die Linke ganz flach auf das Glas, fasse seinen Fuß mit der Rechten, drehe es rasch um und ziehe die Linke recht langsam wagerecht weg. Der Tüll bleibt am Rande haften, und der Luftdruck trägt das Wasser in dem Glas. Stelle das umgekehrte Glas Wasser auf das Glas Wein. Dünne rote Fäden steigen durch

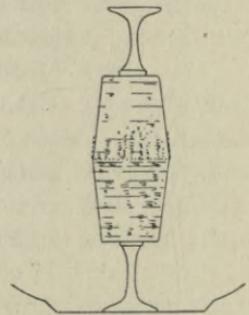


Fig. 324.

die Maschen des Tülls empor. Der Wein wandert aufwärts und das Wasser abwärts. Nach  $\sim 10$  Minuten ist der Austausch vollzogen; im untern Glas ist nun Wasser und im obern Wein. (T T 2, 43.) Vgl. S. 137 Nr. 282.

**422.** Scheinbares Sieden von kaltem Wasser. Fülle ein fußloses Trinkglas dreiviertel voll Wasser, bedecke es mit einem Taschentuch aus starker Leinwand und schlage seine Ränder ganz um das Glas. Drücke die Mitte des Tuchs so weit in das Glas hinein, daß sie den Wasserspiegel erreicht. Lege die linke Hand fest auf die Mündung des Glases und drehe es mit der rechten Hand über einem Waschbecken um. Halte die Ränder des Tuchs mit der rechten Hand fest und ziehe die linke Hand weg. Es fällt kein Wasser

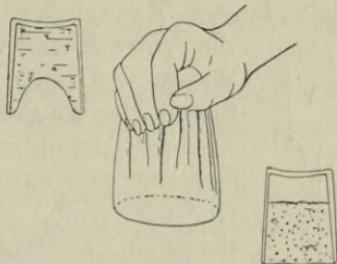


Fig. 325.

heraus, und das Taschentuch behält im Innern des Glases die in Fig. 325 links dargestellte hohle Gestalt bei. Zieh nun an den Rändern des Tuchs und spanne so die Leinwand straff über die Mündung des Glases. Die Wasserflächen werden wagerecht; es bildet sich ein luftleerer Raum zwischen dem Wasser und dem Boden des Glases, wie es die Fig. 325 rechts zeigt. Die äußere Luft dringt durch das Tuch, steigt im Wasser in Blasen empor, und diese bersten an seinem Spiegel in dem Innern des Glases, genau wie die Dampfblasen des siedenden Wassers. Die Hand fühlt die Stöße, welche die eindringenden Luftblasen ausüben, und die Zuschauer hören deutlich das stürmische Sprudeln des Wassers. Es wird die Täuschung erweckt, als ob die Handwärme das kalte Wasser zum Sieden brächte. (T T 3, 23.)

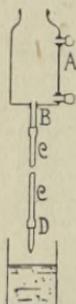


Fig. 326.

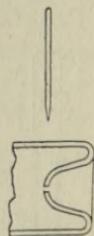
**423.** Verkehrtswimmer (Fig. 326). Suche zwei Prüfgläser aus, wovon das engere (A) etwa 1 cm weit ist und knapp in das weitere (B) hineinpaßt. Der äußere Durchmesser von A soll  $\sim 0,5$  mm kleiner sein als die lichte Weite von B. Stelle B aufrecht, fülle es halb voll Wasser, setze A hinein, sauge mit Fließpapier das austretende Wasser weg und warte, bis A nicht mehr tiefer einsinkt. Fasse zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand den Rand der äußern und zugleich die Wand der innern Röhre und drehe das Ganze schnell um. Halte nun B am obern Ende mit der linken Hand fest und nimm die rechte Hand weg. Das engere Glas A bleibt ruhig hangen. Schiebe es einige Millimeter tiefer in B hinein. Es fließt langsam Wasser aus, und der Luftdruck treibt das innere Glas empor. Es steigt anfangs langsam, dann schneller aufwärts in das äußere Glas hinein. (W V 181. W D 187.)

**424.** Tauche gerade Glasröhren, die verschieden weit und an beiden Enden offen sind, ganz in gefärbtes Wasser, verschließe die obern Enden der engern Röhren mit dem Finger und die der weitern mit Korken und hebe die Röhren aus dem Wasser heraus. Aus den engern Röhren fließt kein Wasser. Gib die obern Öffnungen frei.

**425.** Verbinde Baileys Gefäß A (Fig. 327) mit der Glasröhre B, dem langen Kautschukschlauch C und der Ausflußröhre D. Halte die Vorrichtung wie in der Fig. 327. Fülle in das Gefäß Wasser und setze, wenn es beginnt aus der Ausflußröhre zu fließen, den Kautschukstopfen auf. Verbinde zwei Kautschukschläuche miteinander, stelle dich auf den Tisch, auf eine Stehleiter oder auf die Flurtreppe und wiederhole den Versuch. (B J 52 Nr. 80.) Will man ein wirkliches Wasserbarometer herstellen, so muß man in den obern Teilen Luftpumpenschlauch verwenden. Sticht man mit einer Nadel in den Schlauch, so tritt kein Wasser aus, sondern Luft ein.



**426.** Der Nagel in der Flasche (Fig. 328). Aufgabe: *Fig. 327.* In eine mit Wasser gefüllte versiegelte Flasche einen fingerlangen Nagel hineinzubringen, ohne den Propfen zu entfernen. Halte eine Flasche aus dunklem Glas mit dem stark gewölbten Boden nach oben und laß die Spitze einer kleinen Rundfeile (eines sogenannten Rattenschwanzes) einigemal aus einer gewissen Höhe in die Vertiefung des Bodens fallen. Die Feilspitze erzeugt hier ein mehr oder weniger regelmäßiges Loch. (Vgl. F 1, 14 § 8,4.) Feile seine Ränder aus, bis das Loch genau rund und so groß geworden ist, daß der Nagel, dessen Kopf zuvor abgefeilt worden ist, gerade hindurchgeht. Verschließe das kleine Loch mit einem Kork, fülle die Flasche bis zum Rande, verkorke und versiegle sie sorgfältig. Dies ist die geheime Vorbereitung der bekannten Taschenspieleri. Sie wird folgendermaßen ausgeführt: Nimm den Kork aus dem kleinen Loch heraus. Es läuft kein Tropfen Wasser aus. Fasse die Flasche mit der linken Hand am Hals und laß aus der rechten Hand den Nagel heimlich in die Flasche gleiten. (T T 1, 105.)



*Fig. 328.*

**427.** Aufgabe: Ein Glas voll Wasser so auf einen Teller zu stellen, daß man es nicht wegnehmen kann, ohne es zu entleeren. Fülle das Glas bis zum Rande mit Wasser, lege ein Blatt Papier darauf, decke einen recht ebenen Teller darüber, kehre das Ganze schnell um, so daß nun die Mündung des Glases unten liegt, und zieh das Papier behutsam weg, ohne dabei das Gefäß anzuheben. Das Wasser fließt nicht aus dem Glas. (D 84.)

**428. a)** Lege in eine Schüssel voll Wasser ein Einmacheglas. Es füllt sich mit der Flüssigkeit. Fasse das Glas am Boden und hebe es

so hoch empor, daß nur noch sein Rand unter dem Wasserspiegel liegt. Das Wasser fließt nicht aus.

b) Wiederhole den Versuch Nr. 419 (S. 210). Senke das Gefäß mit der Verschußplatte voran in einen Behälter mit Wasser. Die Platte fällt ab, das Gefäß aber bleibt mit Wasser gefüllt. (R 1, 142.)

**429.** a) Fülle eine enghalsige Flasche ganz mit Wasser, verschließe ihre Mündung mit dem Daumen, tauche den Hals des Gefäßes in einen Behälter mit Wasser und zieh den Finger weg. Das Wasser bleibt in der Flasche stehen.

b) Fülle die Flasche mit Milch und wiederhole den Versuch. Der Vorgang ist anfangs der gleiche, bald aber sinkt die Milch, und dafür steigt Wasser in die Flasche.

c) Die Glühlampe als Luftwage. Nimm eine durchgebrannte Glühlampe und knipse unter Wasser ihre Spitze mit einer Zange ab. Die Lampe füllt sich mit Wasser. Hänge die Birne auf. Ist der Luftdruck groß, so verhindert er das Ausfließen, und es tropft kein Wasser heraus. Wird der Luftdruck kleiner, so sickert Wasser in Tropfen heraus. (Tägl. Rundschau, 1910, Nov. 2., 1. Beilage, S. 2.)

**430.** Binde über das weite Ende eines Lampenglases luftdicht eine dünne Kautschukhaut (Fig. 329). Fülle das Glas mit Wasser und drücke ein Blatt Papier auf die freie Öffnung. Drehe das Glas um, tauche die enge Mündung in Wasser und entferne das Papier. (W S 57 Nr. 73.)

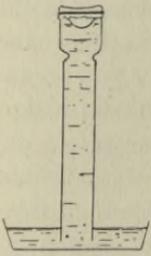


Fig. 329.

**431.** a) Tauche Baileys Gefäß (Fig. 330), dessen Bodenloch offen ist, umgekehrt in einen Behälter mit Wasser, bis das Gefäß gefüllt ist. Verschließe die Bodenöffnung oder bedecke sie mit einem Fingerballen und hebe das Gefäß fast ganz aus dem Wasser.

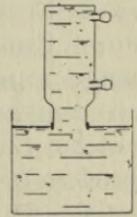


Fig. 330.

b) Öffne das Bodenloch, während das Gefäß noch gefüllt ist und die weitere Mündung unter dem Wasserspiegel liegt. (B J 37 Nr. 50.)

**432.** a) Senke Baileys Gefäß mit offener Mündung und offenem Bodenloch aufrecht unter die Oberfläche des Wassers in einem Eimer. Bedecke, sobald das Gefäß gefüllt ist, die Mündung mit einer Karte und drücke sie fest darauf (Fig. 331). Hebe das Gefäß bis zum untern Rand aus dem Wasser heraus und nimm die Karte weg.

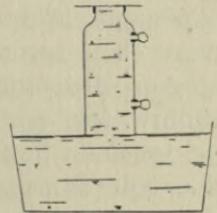


Fig. 331.

b) Wiederhole den Versuch, doch binde über die Mündung des Gefäßes eine Kautschukhaut. — (B J 38 Nr. 51, 52; 55 Nr. 84; 57 Nr. 86.)

c) Fülle eine Glasröhre, die an dem einen Ende zugekorkt ist, mit Wasser und tauche das andere Ende in eine Schüssel mit Wasser. Entferne den Kork. — Statt der Glasröhre kann man benutzen: einen

Trichter, eine große Flasche mit einem Loch im Boden oder eine große Flasche mit abgesprengtem Boden, in deren Hals man einen vollen Kork oder einen aus durchbohrtem Kork, Glasröhre, Kautschukschlauch und Quetschhahn oder Glasstab hergestellten Verschuß eingesetzt hat.

**433.** Bestimme die Dichte des Quecksilbers nach F 1, 53 § 34; F 2, 27 Nr. 60 und 42 Nr. 91.

**434.** Versuch von Torricelli. a) Wiederhole den Versuch Nr. 429a mit Quecksilber, und zwar mit einseitig zugeschmolzenen geraden und gebogenen Glasröhren von verschiedener Weite und von 25 cm, 40 cm, 60 cm und 90 cm Länge. (Schwalbe R 1, 144.)

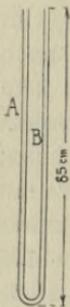
b) Nimm eine reine und trockne starkwandige Glasröhre von 85 bis 100 cm Länge und 0,6 cm oder besser von 0,8 bis 1 cm Weite, falls ausreichend Quecksilber vorhanden ist. — Je größer beim Versuch der Leerraum wird, desto weniger stören geringe Luftreste. — Ziehe die Röhre dicht an dem einen Ende zu einer kurzen Spitze aus, blase diese mit der Lötrohrflamme an, verschmelze sie und runde sie ab, drehe dabei die Röhre fortwährend zwischen den Fingern der linken Hand. Nimm die Röhre aus der Lötrohrflamme, halte sie über eine leuchtende Flamme, hebe die Röhre, andauernd drehend, allmählich immer höher und kühle sie so ab. Runde an dem andern Ende der Röhre die scharfen Kanten ab. Beim Abschmelzen des Randes gelangt leicht etwas Feuchtigkeit in die Röhre. Erwärme daher diese am Ofen oder durch Hin- und Herziehen über der Flamme, schiebe eine 90 bis 95 cm lange, ganz dünne Glasröhre fast bis an das verschlossene Ende, sauge an dem herausragenden Ende der engen Röhre und entferne so die feuchte Luft. Stelle das verschlossene Ende der Röhre in einen reinen größern Schachteldeckel, in ein Tragbrett mit Rand, in eine Lichtbildschale od. dgl. Fülle die Röhre mit einem aus Papier zusammengedrehten kleinen Trichter oder mit einem kleinen Glastrichter, dessen Hals ausgezogen oder woran eine ausgezogene Glasröhre mit einem Kautschukschlauch befestigt ist, zunächst so weit voll Quecksilber, daß nur ein 1 bis 2 cm langes Stück leer bleibt. (Volkmann [V A 122] benutzt zum Einfüllen eine gut gereinigte und getrocknete halbkugelige Abdampfschale von  $\sim 6$  cm Durchmesser mit Ausguß. Er umfaßt sie von oben her mit der ganzen Hand.) Klopfe beim Einfüllen öfters gegen die Röhre. Entferne den Trichter und verschließe die Röhre fest mit dem saubern und trocknen rechten Zeigefinger, nötigenfalls unter Zwischenlegen eines Kautschukblatts. Richte die Röhre langsam auf und drehe sie dabei um ihre Längsachse. Neige und hebe die Röhre mehrmals und laß so die absichtlich aufgesparte große Luftblase die ganze Länge der Röhre durchlaufen und dabei die kleinern an der Wand haftenden Luftblasen mit fortnehmen. Fülle nun auch das letzte Stück der Röhre mit so viel Quecksilber, daß es eine Kuppe über dem Rande bildet. Verschließe mit dem rechten Zeigefinger die Röhre, kehre sie langsam um, tauche ihre

Mündung in einen kleinen Napf mit Quecksilber und nimm den Finger weg. Steht die Röhre so schräg, daß ihr oberes Ende noch nicht 70 cm oder wenig höher über dem Quecksilberspiegel im Gefäß liegt, so bleibt die Röhre vollständig mit Quecksilber gefüllt. Richtet man aber die Röhre lotrecht auf, so zieht sich das Quecksilber aus dem obern Ende der Röhre zurück und bleibt in einer Höhe von etwas mehr als 70 cm stehen. (W V 158.) Schließe die Röhre nach dem ersten Aufrichten fest mit dem Zeigefinger, nimm sie aus dem Gefäß und halte sie fast wagerecht, so daß der Leerraum nach dem Finger wandert. Suche nun durch Rütteln die sehr ausgedehnten Blasen auch nach diesem Ende zu bringen. Richte dann die Röhre mit dem offenen Ende nach oben, fülle das fehlende Quecksilber mit einem engen Trichterrohr nach und wiederhole mit der jetzt nahezu luftleeren Röhre den Torricellischen Versuch. F. C. G. Müller (Z 3, 140, . . . und M T 116). Klopfe gegen die Röhre und miß die Höhe der Quecksilbersäule mit einem Maßstab oder einem Bandmaß. Neige beim Umlegen die Röhre nur langsam, damit das Quecksilber das Röhrende nicht abbricht, wenn es dagegen schlägt. Die Reinigung der Röhre kostet viel Zeit. Man reinige daher die Röhre nicht vor, sondern nach dem Versuch mit etwas Salpetersäure, viel Wasser, übergedämpftem Wasser und schließlich mit etwas reinem Alkohol. Verschließe leicht mit Watte die noch feuchte Röhre und lege sie in den Schrank. Ganz Vorsichtige reinigen sie noch einmal auf die gleiche Weise eine Woche vor dem Gebrauch. Es ist gut, die Röhre am Tage vor dem Versuch warm zu legen, etwa auf einen Heizkörper, besonders wenn der Aufbewahrungsraum kalt ist. Auch das Quecksilber stellt man in diesem Fall vorher warm, sonst beschlägt es bei Versuchen im wärmern Raum leicht mit Wasser. (V A 122.)

e) Zu dem Füllen der Röhre gibt N. F. Smith (School Science 5, 459; 1905) folgende Anweisung: Schmelze eine ~ 80 cm lange und mindestens 6 mm weite Glasröhre an einem Ende zu und stelle sie dann in ein lotrechtes mindestens 2,5 cm weites Gasrohr, das unten mit einer Kappe oder einem Stöpsel verschlossen ist. Fülle das Gasrohr mit Sand und laß dabei die obere Hälfte der Barometerröhre herausragen. Setze mit einem Gummistopfen ein kurzes weites Glasrohr auf das obere Ende der Barometerröhre. Gieß in die Barometerröhre reines Quecksilber, bis es mindestens 2,5 cm hoch oben in dem weiten Rohr steht. Klemme neben dem Gasrohr vier oder fünf Bunsenbrenner in verschiedenen Höhen fest, erhitze das Ganze und laß das Quecksilber einige Minuten lang sieden. Bewege in der Röhre einen Eisendraht auf und ab und unterstütze dadurch das Beseitigen der Luftblasen. Laß die Vorrichtung abkühlen, nimm dann die Röhre heraus und führe damit in der üblichen Weise den Versuch aus. Die Höhe der Quecksilbersäule weicht nur ganz wenig von dem Stand eines Normalbarometers ab.

**435.** Schließe Mund und Nase und versuche, durch die Kraft der Muskeln den Brustkorb zu heben. (D 46.)

**436. a)** Gieß eine U-Röhre (Fig. 332), deren Schenkel  $\sim 85$  cm lang sind, mit gefärbtem Wasser halb voll. Fülle durch allmähliches Neigen den Schenkel A ganz mit Wasser, verschließe seine Öffnung fest mit dem Zeigefinger oder dem Daumen und richte die Röhre wieder auf. Es fließt kein Wasser in den Schenkel B zurück.



**b)** Wiederhole den Versuch mit Quecksilber.

**c)** Halte das Barometer (vgl. S. 231 Nr. 450) wie in Fig. 333. Die lange Glasröhre und der kurze Kautschukschlauch sind mit Quecksilber gefüllt, und nur am offenen Ende könnte Luft eintreten. Drehe die lange Röhre langsam aufwärts

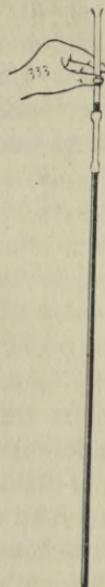


Fig. 332. und laß die Schüler ihr geschlossenes Ende beobachten.

**437.** Schmelze eine lange Glasröhre (150 bis 200 cm) an dem einen Ende zu, fülle sie mit Quecksilber und führe damit den Torricellischen Versuch aus. Es bildet sich ein luftleerer Raum von  $\sim 74$  cm Länge. Verschließe mit dem rechten Zeigefinger die Öffnung der Röhre, hebe sie aus dem Quecksilber heraus, tauche sie in ein Gefäß mit stark gefärbtem Wasser und gib sie wieder frei. Das Wasser schießt in die Röhre, und das Quecksilber fällt heraus. Während vorher ein luftleerer Raum entstanden ist, wird jetzt die ganze Röhre mit Wasser gefüllt.

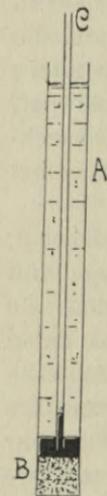
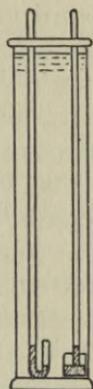


Fig. 334. (P P 1, 317; 1888.) K. Rosenberg (P B 5, 115; 1898) nimmt eine 2 m lange und 0,5 bis 0,6 cm weite Glasröhre und hebt sie heraus, sobald sie sich mit Wasser gefüllt hat. Das Wasser bleibt in der Röhre hängen. Der Versuch soll von Torricelli herrühren. (P B 5, 170; 1898.) Torricelli goß in den Untersatz, den er bei seinem bekannten Versuch benutzte, ebenso viel Wasser, als Quecksilber darin war, tauchte die mit Quecksilber gefüllte Röhre mit der Öffnung in das Quecksilber und nahm den Finger weg. Das Quecksilber stellte sich dem Luftdruck entsprechend ein. Nun hob er die Röhre so weit empor, daß sich ihre Öffnung unter Wasser befand.

**438.** Ähnlichkeit von Wasserdruck und Luftdruck. **a)** Verschließ eine lange,  $\sim 3$  cm weite Glasröhre A (Fig. 334) unten mit einem Kork B und fülle etwas Quecksilber hinein. Tauche in dieses eine lange, beiderseits offene Röhre C und fülle dann die Röhre A fast ganz mit Wasser. Das Wasser drückt Quecksilber in die Röhre C hinein. Pascal.

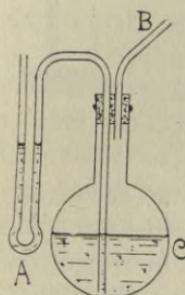
b) Stelle auf den Boden eines mit Wasser gefüllten hohen Standglases (Fig. 334a) eine kleine Kristallisierschale. Gieß durch eine beiderseits offene und 1 cm weite Tauchröhre etwas Quecksilber hinein und blase aus der im Quecksilber stehenden Röhre das Wasser hinaus. Es erhebt sich in der Röhre eine Quecksilbersäule, deren Höhe der 13,6 te Teil von der Höhe des Wassers über dem Quecksilber der Schale ist (Gefäßbarometer). — Versieh die in der Abbildung links sichtbare, hakenförmig umgebogene Tauchröhre mit einigen Zentimetern Quecksilber und stelle sie ins Wasser (Heberbarometer). (M T 99.)



**439.** a) Fülle eine U-Röhre zur Hälfte mit gefärbtem Wasser. Saug an dem einen Ende und blase dann hinein. *Fig. 334a.*

b) Setze die Spannungsmesserröhre A (Fig. 335), die zur Hälfte mit gefärbtem Wasser gefüllt ist, und die knieförmige Glasröhre B luftdicht in den Kork der Flasche C ein, die halb voll Wasser ist. Saug an der Röhre B und blase dann hinein.

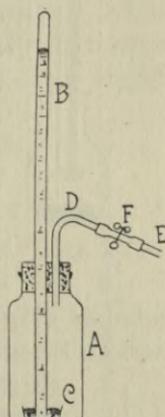
**440.** a) Das niedrige Einmacheglas A (Fig. 336) hat eine so weite Mündung, daß man das Gefäß C, worin die Barometerröhre B steht, hineinsenken kann.



*Fig. 335.*

Passe in den Hals einen großen Kork (Spund) ein und bohre ein Loch für das Barometer hindurch und ein anderes Loch für die Glasröhre D. Beide Röhren müssen luftdicht durch die Bohrungen führen. Statt des Spundes kann man einen größern Kork verwenden und ihn mit dünnem Kautschukband umwickeln. Mach aus dünnem Eisendraht einen kleinen Korb mit drei langen Führungen.

Versenke damit das Barometer in das Glas A. Streife über die offene



*Fig. 336.*

Röhre D einen kurzen Kautschukschlauch, in den die kurze Glasröhre E gesteckt ist. Saug mit dem Munde Luft aus E und klemme den Schlauch mit der Hand oder dem Quetschhahn F zu. Die Quecksilberkuppe fällt. Saug nochmals. Die Quecksilberkuppe sinkt tiefer. Laß allmählich wieder Luft einströmen. Die Quecksilberkuppe steigt. Blase langsam, aber kräftig in die Röhre E. Die Quecksilberkuppe steigt noch mehr. Halte ihren Stand durch Zusammendrücken des Schlauchs fest. Mache jedesmal die Änderung des Quecksilberstandes durch Aufkleben kleiner Streifen Briefmarkenpapier sichtbar. (B S 73 Nr. 72 und 73.) — Verwendet man ein ausreichend niedriges Glas, so kann man das Gefäß C und den Korb aus Eisendraht entbehren.

Man füllt das Gefäß A halb voll Quecksilber, hält es schräg über einen Untersatz, der das überlaufende Quecksilber aufnimmt, und stülpt dann in A die Barometerröhre B um, worüber man zuvor den Kork usw. gestreift hat. Dann gießt man einen Teil des Quecksilbers durch Neigen des Glases A aus und verkorkt dieses. Ist der Boden von A eben, so stülpt man A einfach über die Mündung der gefüllten Barometerröhre und dreht das Ganze um.

b) Passe in den Hals eines kleinen Stehkolbens ( $\sim 200 \text{ cm}^3$ ) einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen. Führe durch das eine Loch eine kurze Knieröhre und schiebe dann den Stopfen über eine Barometerröhre. Gieße in das Kölbchen eine 1 bis 2 cm hohe Schicht Quecksilber und fülle dann die Barometerröhre wie bei dem Versuch Nr. 434 b (S. 216) mit Quecksilber. Gieß Quecksilber in einen nicht

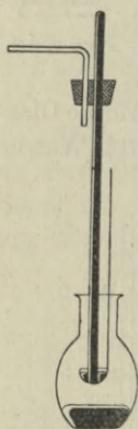


Fig. 336 a.

zu flachen Phosphorlöffel, den man durch den Hals des Kölbchens hindurchführen kann. Verschließe die Barometerröhre fest mit dem Finger, kehre sie um, tauche ihre zugehaltene Mündung in das Quecksilber des Löffels und drücke ihn fest gegen die Röhre (Fig. 336 a). Senke Löffel und Röhre bis auf den Boden des Kolbens, hebe die Röhre aus dem Löffel, doch nicht aus der Quecksilberschicht auf dem Boden und zieh den Löffel aus dem Kolben heraus. Schiebe dann durch vorsichtiges Drücken und Drehen den Stopfen die Röhre entlang bis in den Hals des Kolbens, ohne dabei die Mündung der Röhre aus der Quecksilberschicht heraus-

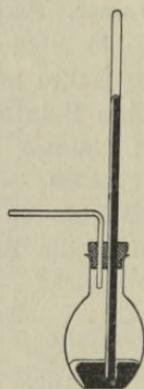


Fig. 336 b.

zuheben (Fig. 336 b). — Statt des Phosphorlöffels kann man auch einen starken Eisendraht verwenden, auf dessen umgebogenes Ende (Fig. 336 c) ein genau in die Barometerröhre passender Kork mit Siegelack fest aufge kittet ist. Man setzt den Kork in die gefüllte Röhre, drückt ihn fest in die Mündung, die Röhre dabei drehend, preßt den Draht mit den Fingern gegen die Röhre, kehrt das Ganze um und senkt es in den Kolben. Nun bewegt man den Draht vorsichtig hin und her und entfernt den Kork aus der Rohrmündung. — Gültige Mitteilung von Hans Matthéc.

Fig. 336 c.

c) Setze einen Schlauch an eine 85 cm lange und mindestens 3,5 mm weite Glasröhre, lagere sie schräg, sauge sie voll Chromsäuremischung (vgl. F 1, 32 und F 2, 141 Nr. 294), stöpsle den Schlauch zu und laß die Röhre einen Tag liegen. Spüle sie mit reinem Wasser aus, gieß nun erst reinen Alkohol, dann Äther hindurch, sauge mehrmals an dem Schlauch und entferne so den Ätherdampf. Zieh nun das eine Ende der so gereinigten und getrockneten Röhre aus und schmelze es zu. Fülle nun die Röhre mit reinem Quecksilber

(vgl. F 1, 25). Gieß dabei jedesmal eine kleine Menge mit einem spitz ausgezogenen Trichter ein oder tauche in die Vorratsflasche des Quecksilbers eine spitz ausgezogene Glasröhre, die mit einem Schlauch versehen ist, sauge an dem Schlauch, schließe ihn beim Überführen des Quecksilbers in die nahe dabei aufgestellte Barometerröhre und halte die Saugröhre wagerecht. Schließ nach dem Eingießen einer Quecksilbermenge die Mündung der Röhre mit dem Finger und schüttele das Quecksilber hinab. Entferne die Luftbläschen durch Rütteln und Schieben mit einem reinen, geraden, weichen Eisendraht. Ist die Röhre bis auf 2 mm gefüllt, so erwärme die Mündung, tupfe etwas Siegellack hinein und schließe sie so vollkommen. Kehre nach dem Erkalten des Siegellacks die gefüllte Röhre um und senke die geschlossene Öffnung bis auf den Boden eines 18 mm weiten dickwandigen Prüfgläschens, wohinein zuvor etwas Quecksilber gegossen worden ist. Drücke und drehe den schon vorher auf die Barometerröhre geschobenen Kork abwärts und befestige damit die Röhre in dem Hals des Glases. Erwärme den Boden des Gläschens vorsichtig über einer kleinen Flamme oder besser durch einen darauf gerichteten Dampfstrahl. Der Siegellack schmilzt, und das Quecksilber in der Röhre fällt. Schraube auf ein langes Brett unten ein Querholz, stelle das Gläschen darauf, schiebe Korkstücke zwischen Röhre und Brett an drei Stellen, bohre hier zu beiden Seiten der Röhre Löcher durch

das Holz und zieh durch jedes Löcherpaar weichen Kupferdraht und drehe seine Enden auf der Rückseite zusammen (Fig. 336 d). Bringe neben der Röhre eine Millimeterteilung an, deren Nullstrich bei dem Quecksilberpiegel im Prüfglas liegt. In der engen Röhre steht die Quecksilberkuppe etwas zu tief. Die Vorrichtung gibt nur die Änderungen des Luftdrucks ziemlich richtig an, solange das Quecksilber rein ist. — Der Raum über dem Quecksilber ist nicht ganz luftfrei. Miß genau den Barometerstand ( $b_1$  cm), schiebe dann den Kork empor und gieß in das Prüfglas so viel Quecksilber, daß der luftverdünnte Raum in der Barometerröhre jetzt nur halb so groß als vorher wird. Miß nun von neuem den Barometerstand ( $b_2$  cm) und berechne den Unterschied der beiden Barometerstände  $\delta = b_1 - b_2$ . Der wahre Barometerstand ist  $b = (b_1 + \delta)$  (cm). Gieß so viel Quecksilber aus dem Prüfglas, daß die Länge des luftverdünnten Raums wieder so groß wie vorher wird. Halte dabei das Prüfglas über eine Schale und neige beim Abgießen des Quecksilbers die Röhre so, daß ihre Wand den Rand des Prüfglases und ihre Mündung den Boden des Glases berührt. — Benutzt man beim Entleeren einen engen Heber, so saugt man ihn mit einem Schlauch an. In den Schlauch schiebt man einen einmal zusammen-

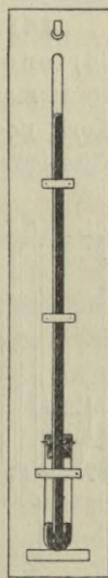


Fig. 336 d.

— Benutzt man beim Entleeren einen engen Heber, so saugt man ihn mit einem Schlauch an. In den Schlauch schiebt man einen einmal zusammen-

gelegten und etwas gewundenen reinen Eisendraht, damit der Luftdruck den Schlauch nicht zusammendrückt. (R P 2, 71.)

d) Schiebe über das offene Ende des Heberbarometers (S. 231 Nr. 450) einen nicht zu engen und recht weichen Kautschukschlauch, blase in das Schlauchende hinein und sauge dann daran.

**440\*.** Setze in den Hals einer Flasche ( $\sim 200 \text{ cm}^3$ ) mit einem dichtschließenden Stopfen eine knieförmige Glasröhre (Fig. 336e), verbinde sie durch einen langen Schlauch mit einer lotrechten Glasröhre a. Fülle vor dem Festdrücken des Stopfens gefärbtes Wasser in die Röhren und in den Schlauch. Bei gleichbleibender Wärmestufe ändern sich die Wasserstände in den Röhren mit dem Luftdruck. Stelle die auf einem Brett bewegliche Röhre a so ein, daß in der festen andern Röhre der Wasserspiegel stets bei der Marke c steht. Der Raum der abgeschlossenen Luft ist dann unveränderlich, und der Wasserstand in der beweglichen Röhre a gibt in Zentimeter Wasser die Änderung des Luftdrucks an. Der Druck einer 1 m hohen Wassersäule ist annähernd gleich dem Druck einer  $\frac{3}{4}$  mm hohen Quecksilbersäule. (R P 2, 69.) Vgl. Nr. 447—449.

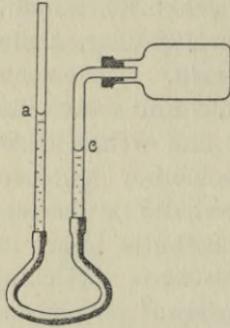


Fig. 336 e.

**441.** Pascals Versuch über das Vacuum im Vacuum (Expérience du vuide dans le vuide). Das Wesen des Versuchs kann man mit der Vorrichtung Nr. 440a zeigen, wenn man in ihren Kork noch den mit Quecksilber oder mit einer andern Flüssigkeit gefüllten Spannungsmesser M (Fig. 337) einsetzt. Diesen stellt man leicht her aus einer zweckmäßig gebogenen Glasröhre und einer Flasche mit abgesprengtem Boden. Pascal, *Traité de la pesanteur de la masse de l'air*. 1663 (1653). (Violle, Physik 1, 2, 743.) Noch einfacher ist die Vorrichtung, deren Bau aus Fig. 338 zu ersehen ist. Man verdünnt die Luft mit einem Papinschen Kolben.

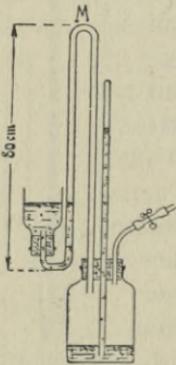


Fig. 337.

**442.** Wiederhole den Versuch Nr. 434 mit einer spitz ausgezogenen Glasröhre. Brich nach Herstellung des luftleeren Raums die Spitze ab. Das Quecksilber fällt aus der Röhre heraus.

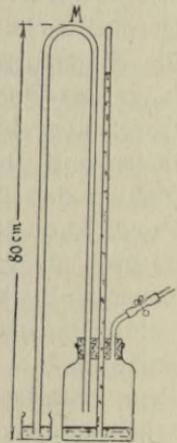


Fig. 338.

**443.** Das Doppelbarometer von Auzout (Fig. 339). Verschließe die aus einem Lampenglas herausgesprengte Glasröhre A oben mit dem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen B und unten mit dem

einfach durchbohrten Kautschukstopfen C. Schiebe durch B die 90 cm lange dickwandige Glasröhre D und streife über ihr oberes Ende den kurzen dickwandigen Kautschukschlauch E. Setze ferner in B eine kurze Glasröhre ein und verschließe sie durch einen kurzen dickwandigen Kautschukschlauch F und durch einen Glasstab mit abgerundeten Enden. Setze in den Stopfen C die 90 cm lange dickwandige Glasröhre G ein und befestige die Vorrichtung auf einem Holzbrett, wie es in der Figur angedeutet ist. Verschließe die untere Öffnung der Röhre G, setze einen kleinen Trichter in den Schlauch E ein und fülle die Vorrichtung ganz mit Quecksilber, verstopfe den Schlauch E mit einem kurzen Glasstab und gib dann die untere Öffnung von G unter Quecksilber frei. Die untere Röhre G bildet ein Barometer, die obere Röhre D wird luftleer und das Gefäß A bleibt bis zu dem Rande der untern Röhre G mit Quecksilber gefüllt. Öffne den Schlauch F. Das Quecksilber fließt aus der untern Röhre G heraus, und die obere Röhre bildet jetzt ein Barometer. (B Sch 5 u. 66 Nr. 167.) Reibe die sich berührenden Flächen mit Rizinusöl ein und mache so alle Verbindungsstellen gut luftdicht.

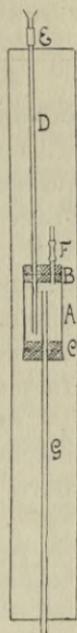


Fig. 339.

#### 6. Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe. Wagflächen der Luft.

**444. a)** Lege ~ 20 Bücher, Ziegelsteine, Preßkohlen, Holzklötze usw. aufeinander. Ändere die Höhe der Säule und erläutere daran die Änderung des Luftdrucks mit der Höhe. Vgl. S. 203 Nr. 402.

**b)** Senke seitlich in einen Eimer Wasser Baileys Gefäß A (Fig. 340) und stelle es umgekehrt auf den Boden des Eimers. Verbinde einen langen Kautschukschlauch B mit dem Spannungsmesser C, drehe diesen wagerecht und senke ihn bis zur zweiten Biegung ins Wasser. Fülle

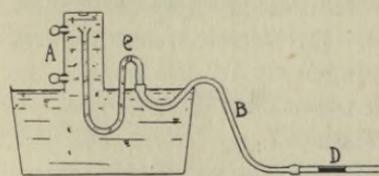


Fig. 340.

die 20 cm lange Ausflußröhre D fast ganz mit Wasser, verbinde sie mit dem andern Ende des Kautschukschlauchs und lege sie auf den Tisch. Senke den Spannungsmesser C tiefer in den Eimer und beobachte die Wirkung auf das Wasser in der Ausflußröhre D.

Hebe das Gefäß A fast ganz aus dem Wasser und führe den mit dem Trichter versehenen Schenkel des Spannungsmessers C behutsam in das Gefäß A ein, hebe ihn bis zum Boden von A empor und beobachte die Wirkung auf das Wasser in der Ausflußröhre D. (B J 57 Nr. 87.)

**445.** Gehe ins Erdgeschoß mit einem Metallbarometer, halte es lotrecht, klopfe leicht mit dem Finger dagegen, stelle das Auge genau dem Zeiger gegenüber und lies seinen Stand ab. Wiederhole den Versuch auf dem ersten Treppenabsatz. Der Zeiger ist kaum merklich

zurückgegangen. Steige auf den Boden des Hauses. Die Änderung der Zeigerstellung ist deutlich zu erkennen.

**446.** Verschließ an einem tiefern Ort, z. B. in der Kirche oder auf dem Kirchhof, eine recht große Glasflasche, die in einen schlechten Wärmeleiter eingepackt ist, mit Kautschukstopfen, kurzer Glasröhre, kurzem Kautschukschlauch und Quetschhahn, Glasstab oder Schrot. Trage die Flasche auf die Spitze des Turms und öffne sie dort. Es tritt Luft heraus. Verschließe die Flasche wieder, bringe sie an den tiefer gelegenen Ort zurück und öffne sie hier. Es strömt Luft hinein. An dem tiefern und an dem höhern Ort muß die Luft gleich warm sein. (Otto von Guericke's Neue Magdeburg. Versuche. Ostwalds Klass. d. exakt. Wiss. 59, 84.)

**447.** Richte eine dickwandige Glasflasche U ( $\sim 1000 \text{ cm}^3$ ) im wesentlichen wie eine Spritzflasche ein (Fig. 341). Versieh die Blase- röhre B mit einem Kautschukschlauch und einem Quetschhahn. Die ins Wasser tauchende andere Glasröhre C ist dicht über dem Kork wagerecht gebogen und der wäge- rechte Teil  $\sim 20 \text{ cm}$  lang. Setze die Flasche zum Schutz gegen Wärmeleitung und Wärmestrahlung so in einen Kasten aus Pappe oder Holz, daß die Glasröhren hervorragen. Blase in die Röhre B, treibe so das Wasser in den wagerechten Teil von C und sperre B ab. Stelle, sobald in C das Wasser nahezu einen festen Stand angenommen hat, den Kasten mit der Flasche auf ein genau

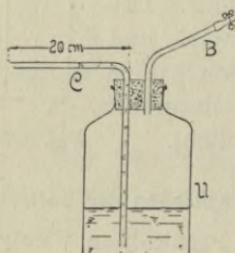


Fig. 341.

wagerechtes Brett, bezeichne nach einiger Zeit den Stand der Flüssigkeit in der wagerechten Röhre durch einen um C gebundenen Faden und hebe dann das Ganze auf eine 1 m höher gelegene wagerechte Fläche. Die Flüssigkeit verschiebt sich erheblich gegen das offene Ende der Röhre C, um  $\sim 1 \text{ cm}$ , wenn die Flasche  $1000 \text{ cm}^3$  Inhalt und die Röhre C 4 mm lichte Weite hat. (F. Niemöller, Apparate und Versuche für physikalische Schülerübungen S. 6. Progr. d. Ratsgymnas. zu Osnabrück 1894. Progr. Nr. 318.) — Gray benutzt als Wärmeschutz Sand, Desaguliers (Course of Philosophy, Vol 2, 1743, franz. Ausg. S. 417) Wasser und K. T. Fischer trockne Schafwolle.

**448.** a) Als ich Praktikant in dem Physikalischen Institut der Universität Berlin war, machten Heinrich Hertz und ich folgenden Versuch: Wir setzten in einen Kolben A (Fig. 342) mit einem Kork eine knieförmige Röhre B ein und befestigten daran mit Klebwachs einen Streifen Millimeterpapier. In den wagerechten Teil von B brachten wir einen kurzen Faden C aus Schwefelsäure oder Petroleum, stellten die Flasche A in ein großes Glas und füllten den Zwischenraum mit

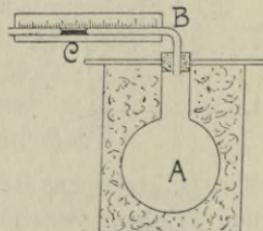


Fig. 342.

Watte oder Eisstückchen. Mit dieser Vorrichtung maßen wir die Höhen des Turms, der Treppenstufen und der Tische im Institut. Bei jeder Messung drehten wir die Vorrichtung um ihre lotrechte Achse um  $180^\circ$  und machten in den beiden so einander zugeordneten Stellungen je eine Ablesung. Wie mir Hertz erzählte, der damals Assistent von Helmholtz geworden war, rührt der Gedanke dieses Meßverfahrens von William Thomson her. — Rebenstorff (R P 2, 73) verschließt die Flasche mit einem doppelt durchbohrten Stopfen und führt durch das eine Loch eine gerade Röhre mit sehr fein ausgezogener Spitze und durch das andere Loch eine enge Knieröhre. In diese bringt er einen 1 cm langen Tropfen Petroleum oder Xylol. Er läßt ihn aus einer spitz ausgezogenen Glasröhre in die schräg gehaltene Röhre fließen. Hat der Gummistopfen nur ein Loch und darin die Knieröhre, so drückt man den Pfropfen mit dem Finger etwas in den Hals hinein und bringt die Flüssigkeit in die äußere Rohrmündung. Hebt man nun den Druck auf, so wandert der Zeigertropfen in die Röhre hinein.

b) Schabe von weißer Bittermandelseife Teilchen ab und löse sie unter Erwärmen in der fünfzigfachen Menge Wasser. Schwenke mit der Seifenlösung eine in Zehntel-Kubikzentimeter geteilte Bürette aus, sauge ein Seifenhäutchen hinein und spanne die Meßröhre wagerecht in ein Gestell. Setze in ihr weites Ende einen Stopfen mit Glasröhrchen und verbinde dieses oder das Ausflußende der Meßröhre mit einem ausreichend langen Schlauch und diesen mit einer trocknen Glasflasche (10 l). Führe durch den Stopfen der Flasche noch ein kurzes zweites Röhrchen mit Quetschhahn. Laß diesen bis zu dem Beginn des Versuchs offen. Setze die Flasche in einen Holzkasten, bringe mit dem zweiten Röhrchen das Häutchen an eine geeignete Stelle in der Meßröhre und laß die Flasche hinreichend lange auf dem Tische stehen. Stelle nach dem Schließen des Hahns die Flasche höher (auf ein hohes Gestell) oder tiefer (auf den Fußboden). Das Häutchen verschiebt sich und zeigt den Unter- oder Überdruck an. Schon bei 10 cm Erhebung ist die Verschiebung weithin sichtbar. Die Seifenlösung muß man jedesmal frisch herstellen. (F. C. G. Müller, Z 8, 358; 1895.) — Verbindet man die Flasche mit F. C. G. Müllers Spannungsmesser mit Ätherfaden (Nr. 514\*\* und MT 102), so lassen sich die Verschiebungen schon bei einer Erhebung um 1 cm deutlich beobachten und bei 1 m Höhenunterschied weithin sichtbar machen. — Ellemann (Z 20, 30; 1907) verschließt die Flasche ( $1000 \text{ cm}^3$ ) mit einem doppelt durchbohrten Stopfen und umgibt sie mit einer dicken Filzhülle oder legt sie in einen Kasten, der mit Kieselgur gefüllt ist. Die eine Öffnung des Stopfens verschließt er mit einem Gummihäutchen und die andere Öffnung verbindet er durch einen langen engen Gummischlauch mit dem Holtzschen Spannungsmesser (Nr. 515), wo er als Zeiger einen mit Alkana gefärbten Petroleumtropfen verwendet. Das Wandern des Zeigers kann man durch Bildwurf weithin sichtbar machen.

**449.** Schwankungsmesser (Fig. 343). Umhülle mit einem schlechten Wärmeleiter, mit Wolle, Filz oder dgl. eine Literflasche F, verschließe sie mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen und setze darin zwei Glasröhren A und B ein. Die eine Röhre A ist 2 bis höchstens 3 mm weit und so wie in der Figur gebogen. Der wagerechte Teil ist  $\sim 10$  cm lang und in einem Kreisbogen so nach unten gekrümmt, daß die Mitte etwa um 4 mm tiefer liegt als seine Enden. Befestige hinter diesem Rohrteil einen Streifen Millimeterpapier und bringe in die Röhre etwas Petroleum, das mit Azobenzol schwach gefärbt ist. Die andere Glasröhre B (etwa eine Thermometerröhre) ist am Ende

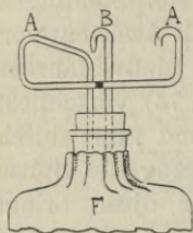


Fig. 343.

umgebogen und mündet in eine sehr fein ausgezogene Spitze. Ist der Luftdruck außen und innen gleich, so steht der Tropfen in der Mitte von A. Jede rasche einseitige Änderung des Luftdrucks wird durch eine Verschiebung des Tropfens angezeigt, eine langsame Luftdruck- oder Warmheitschwankung hingegen nicht. Bei ruhiger Luft kann man die Abnahme des Luftdrucks schon bei einer Hebung um 10 cm nachweisen. Fasse beim Emporheben die Flasche mit zwei Fingern am Hals an, so daß sie pendelartig von selbst lotrecht hängt. (F. v. Hefner-Alteneck, Z 9, 123; 1896.)

**449\*.** Laß eine mit Wasserstoff gefüllte kleine Seifenblase aufsteigen. Der Auftrieb beweist, daß in der Luft ein Druckgefälle vorhanden ist, und der Versuch zeigt die Abnahme des Luftdrucks für einen Höhenunterschied, der gleich dem Durchmesser der Luftblase ist. (Czermak, Z 19, 228; 1906.)

**449\*\*.** a) Fülle ein 25 bis 30 cm<sup>3</sup> fassendes Pulverglas a (Fig. 343 a) fast zur Hälfte mit Äther und verschließe es mit einem doppelt durchbohrten Stopfen, der zwei  $\sim 2$  mm weite Glasröhren b und c trägt. Die kurze Röhre b ragt nur ganz wenig in das Glas hinein, die innere Mündung der Röhre c liegt dicht über der Oberfläche des Äthers und das äußere aufwärts gebogene Ende von c liegt 6 bis 8 cm tiefer als die Oberfläche des Äthers. Blase durch die Röhre b ein wenig Luft ein und treibe so den Ätherdampf in die Röhre c oder warte einige Augenblicke, bis das Abfließen des Ätherdampfs von selbst beginnt, und zünde dann den ausströmenden Dampf an.

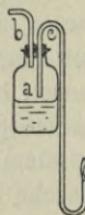


Fig. 343 a.

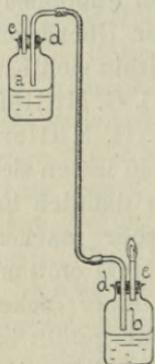


Fig. 343 b.

b) Fülle zwei gleich große Pulvergläser a und b (Fig. 343 b) zur Hälfte mit Äther und verschließe sie mit doppelt durchbohrten Stopfen, wodurch kurze gerade Röhren c gesteckt sind und rechtwinklig gebogene Röhren d, deren innere Mündungen bis dicht über die Ätheroberfläche reichen. Verbinde die äußern Enden von d durch einen 40 bis 50 cm langen

Gummischlauch. Halte das Glas b tiefer als a. Der Ätherdampf fließt von a nach b. Entzünde ihn hier an der Röhre c. Das Flämmchen ist um so größer, je größer der Höhenunterschied beider Gläser ist. Hebe langsam das Glas b. Das Flämmchen an der Röhre c wird kleiner; es erlischt in dem Augenblick, wo beide Gläser gleich hoch stehen. Hebe b höher empor. Der Ätherdampf fließt aus b nach a. Entzünde ihn hier an der Röhre c. Vermeide bei beiden Versuchen jedes Schütteln und Erschüttern der Gläser, damit kein flüssiger Äther in die Röhren gelangt. — (Brandstätter Z 7, 183; 1894, vgl. auch Nr. 465.)

c) Laß in einer Waschflasche A (Fig. 343 c) Gas von gleichbleibendem Druck unter einer absperrenden Flüssigkeit ausströmen und verschiebe die Zuleitungsröhre so, daß bei dem herrschenden äußern Druck eben keine Gasblasen mehr aufsteigen, daß also der Gasdruck gleich wird dem auf der absperrenden Flüssigkeit lastenden Luftdruck, vermehrt um den Druck der Flüssigkeitssäule. Verbinde die andere

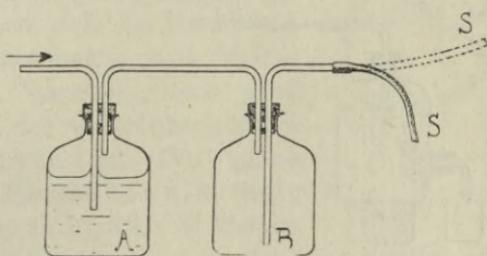


Fig. 343 c.

Röhre der Waschflasche A mit einer nicht zu kleinen zweiten Flasche B. Fülle diese mit dem gleichen oder mit einem andern Gas. Führe durch den doppelt durchbohrten Kork von B eine Glasröhre und setze daran einen langen Schlauch S, der mit dem gleichen Gas wie die Flasche B gefüllt ist. Ist dieses Gas schwerer als Luft, so tritt bei dem Senken des Schlauchendes der Gasstrom in A wieder auf; ist das Gas aber leichter als Luft, so geschieht dies bei dem Heben des Schlauchendes.

d) Fülle die ganze Vorrichtung zunächst mit Kohlendioxyd und führe den Versuch (c) aus. Verbinde dann die Vorrichtung mit der Leuchtgasleitung. Die Flasche B und der Schlauch sind anfangs noch mit reinem Kohlendioxyd gefüllt, und es dauert eine geraume Zeit, ehe Leuchtgas in den Schlauch dringt. Lasse so lange Leuchtgas eintreten, bis der Schlauch damit gefüllt ist, und stelle nun den Versuch mit diesem Gas an, das leichter als Luft ist. Hat man den Gasdruck recht empfindlich ausgeglichen, so genügt es, die Höhe des Schlauchendes um 1 m zu ändern, damit der Versuch sicher gelingt. — Will man nur Leuchtgas verwenden, so kann man die Flasche B weglassen und den Schlauch S unmittelbar an die Waschflasche A ansetzen.

e) Stelle eine Mariottesche Flasche C (Fig. 343 d) so ein, daß das Wasser ganz schwach fließt und in der Minute 4 bis 5 cm<sup>3</sup> ausströmen. Die Ausflußöffnung muß etwas verengt sein, damit keine Luftblasen eintreten. Setze an das freie Ende der Druckröhre mit einem fest eingeklemmten Kniestück d (dies ist nötig, damit bei dem Versuch

die Einstellung der Flasche völlig ungeändert bleibt) einen langen Schlauch, der an dem andern Ende einen Trichter trägt. Befestige

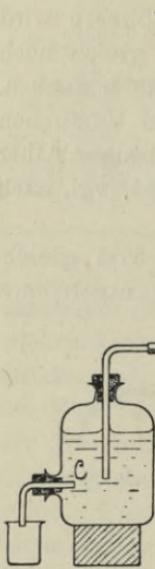


Fig. 343 d.

diesen  $\sim 2$  m hoch über der Flasche und laß aus einiger Entfernung einen langsamen Gasstrom hineinfließen. Kehre die Mündung des Trichters nach unten oder nach oben, je nachdem das Gas leichter oder schwerer als Luft ist. Bestimme für Luft, Kohlendioxyd und Leuchtgas die Wassermenge, die in einer Minute ausströmt. — (Forch, Z 14, 91; 1901.)

f) Setze in die Hälse einer Waschflasche ( $1500 \text{ cm}^3$ ) zwei U-Röhren umgekehrt so ein, daß die eine oben und die andere unten in der Flasche mündet (Fig. 343 e). Laß Kohlendioxyd (Leuchtgas oder

Wasserstoff) einströmen, die Flasche füllen und überlasse sie nun sich selbst. Das Gas entweicht und die Flasche füllt sich mit Luft. Befeuhte ein Stück Papier mit Salzsäure und ein anderes mit Ammoniak, wirf die Blättchen vor dem Versuch in die Flasche, fülle diese so mit Nebel und mache damit den Lufteintritt sichtbar. (A 1 144 Nr. 39. Sch Sp 1, 92, Nr. 116.) Vgl. S. 240 Nr. 466. Statt der Waschflasche kann man eine große Kochflasche mit doppelt durchbohrtem Kork benutzen.

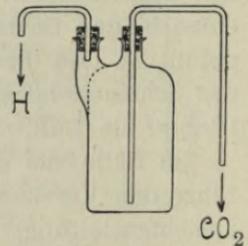


Fig. 343 e.

**449\*\*\*.** a) Schließe einen Argandbrenner mit einem hinreichend langen Schlauch an die Gasleitung an. Setze mit einer Mariotteschen Flasche (nicht mit dem Gashahn) den Gasdruck auf 10 mm Wasserdruck herab, so daß der Brenner auf dem Tisch eben nur mit blauer Flamme brennt. Zieh den Brenner mit einer Schnur um  $\sim 4$  m empor. Die Flamme des Brenners wird größer und leuchtend, da der Druck des Gases weniger abnimmt als der der umgebenden Luft. (Warburg, Verh. d. Phys. Ges. zu Berlin 7, 2; 1898. Z 14, 95; 1901.)

b) Verbinde den untern Teil eines Y-förmigen Rohrstücks mit der Gasleitung und die obern Zweige durch Gummischläuche mit weiten Brennern. Setze an den gaszuführenden Schlauch einen regelbaren Quetschhahn und Sorge dafür, daß das Gas nicht unter dem Druck in

der Leitung, sondern nur infolge des Druckunterschieds ausströmt, den der Dichteunterschied zwischen Gas und Außenluft erzeugt. Stelle beide Brenner verschieden hoch. Die höher stehende Flamme brennt heller, die andere erlischt unter Umständen. (Neyreneuf, Ann. de chimie et de phys. 25, 167; 1882. Mémoire sur l'écoulement du gaz et sur quelques propriétés des flammes. Mém. Ac. de Caen, 1883, S. 1—18. Beibl. zu Wied. Ann. 1883 S. 203. L F 1, 2, 982.)

c) Dvořák (Phys. Zeitschr. 2, 492; 1901. Z 15, 33; 1902) benutzt die in Fig. 343 f abgebildete Vorrichtung. Verbinde die Gasleitung durch den Gummischlauch a mit dem T-Stück b und dieses durch zwei Schläuche mit zwei  $\sim 10$  cm langen Metallröhren d und c von  $\sim 12$  mm innerm Durchmesser. Stelle die Röhren d und c gleich hoch nebeneinander, drehe den Gashahn so, daß die Flammen F und F' ziemlich klein werden, und mache dann mit dem Schraubenquetschhahn beide Flammen gleich groß. Bewege nun die Flamme F' in der wagerechten Ebene oder bewege ihren Schlauch hin und her. Die Flamme ändert sich nicht. Hebe die Flamme nur ein wenig empor. Sie wird größer und die Flamme F kleiner. Je kleiner die Flammen sind, desto größer ist ihre Empfindlichkeit. Auch ein mit Gas gefüllter Schlauch ohne T-Stück genügt.

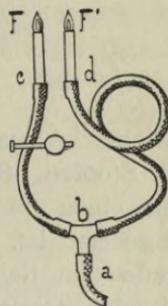


Fig. 343 f.

d) Abraham (A 1, 126 Nr. 15. Sch Sp 1, 92 Nr. 116) verwendet statt der Metallröhren 10 cm lange und 0,8 cm weite Glasröhren und nimmt 1 m lange Gasschläuche. Er stellt den Gashahn so, daß bei gleich hohen Mündungen die Flammen 5 bis 10 cm lang brennen. Er senkt die eine Flamme und vermindert so ihre Länge bis zum Verschwinden. Er bewegt dann die Flamme die Wand entlang und nimmt durch Marken die Waglinie auf, d. h. den Ort der Stellen, wo nahezu Erlöschen eintritt. Er verengt dann den Schlauch der festen Flamme mit einem Schraubenquetschhahn, vermindert so die Gaszufuhr und nimmt die neue Waglinie auf. Abraham befestigt die feste Gasröhre mit zwei Bügeln an einem Holzklotz (vgl. S. 33 Nr. 60).

e) Rebenstorff (Z 20, 166; 1907. Z 23, 226; 1910) verbindet handlange Glasröhren durch Schläuche mit zwei Hähnen des Versuchstisches. Er stellt die Röhren gleich hoch, öffnet den Haupthahn halb und zündet das Gas an den Röhrenöffnungen an. Dann macht er mit dem Haupthahn die Flamme  $\approx 1$  cm groß und hebt nun die eine Flamme um einige Zentimeter empor.

f) Mache bei dem Versuch von Neyreneuf die Flammen so groß, daß sie gut sichtbare leuchtende Spitzen zeigen, drücke dann kurze Zeit mit dem Finger auf den einen Schlauch und lösche so die eine Flamme aus, warte etwa zwei Minuten und zünde nun die Flamme wieder an. Sie ist jetzt kaum sichtbar und die andere brennt viel höher. Die Röhre jener Flamme hat sich abgekühlt und die Röhre

dieser Flamme sich erhitzt. Die Dichten der Gassäulen sind also verschieden und somit auch die Ausströmgeschwindigkeiten.

g) Setze mit einem Kork eine kleine Blechhülse (Fig. 343 g) über die eine Metallröhre. Laß beide Flammen gleich hoch brennen und gieß nun Wasser in die Hülse. Sofort wird dort die Flamme kleiner. — (Dvořák, Z 22, 337; 1909.)

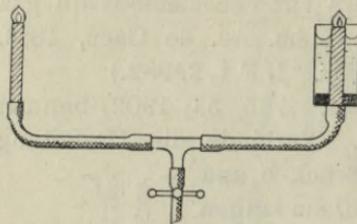


Fig. 343 g.

449†. a) Bohre in das  $\sim 5$  cm weite und 1 m lange dünnwandige Metallrohr an den Stellen A und B (Fig. 343 h) Löcher von gleichem Durchmesser (0,5 bis 1 cm). Man kann zwischen A und B noch eine Reihe Löcher in

gleichen Abständen anbringen. Verschließ beide Enden des Rohrs mit Stopfen. Schiebe einen Gummischlauch auf die Glasröhre, die in den einen Piropfen eingesetzt ist. Verbinde den Schlauch mit der Gasleitung, kehre die Löcher nach unten und fülle das Rohr mit Gas. Drehe die Löcher wieder

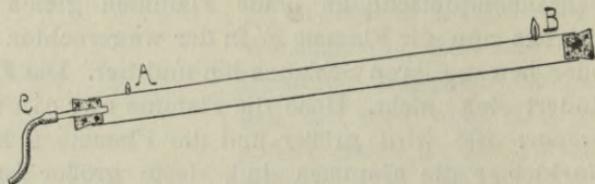


Fig. 343 h.

nach oben, entzünde das ausströmende Gas und vermindere die Gaszufuhr soweit, daß die Flammen noch eben leuchtende Spitzen haben, wenn man das Rohr wagerecht hält. Neige das Rohr so, daß A einige Millimeter tiefer steht als B. Die Flamme bei A wird ganz klein und die bei B ziemlich groß. Neige das Rohr nun nach der andern Seite. — Liegt A tiefer als B, so ist der Druck bei A innen und außen fast gleich. Nach oben hin nimmt der Druck ab, und zwar in der Luft stärker als im leichtern Leuchtgas. Dem Höhenunterschied 3 mm entspricht ein Druckunterschied von  $0,2 \cdot 10^{-6}$  Atm. — Behn benutzte bei Versuchen über Witterungsvorgänge ein  $\sim 3$  m langes Rohr mit einer Reihe Löcher, die 10 cm voneinander abstanden. Fuhr er langsam mit der Hand an dem wagerecht gestellten Rohr entlang, so wurden die Flammen vor der Hand klein, dahinter groß. Der Luftdruck war also vor der Hand größer, dahinter kleiner als in der Umgebung. (Behn, Z 16, 132; 1903. Vgl. dazu Steindel, Z 19, 24; 1906 und 21, 351; 1908.)

b) Verbinde das Zweilöcherrohr durch einen Schlauch mit einem Chloräthylfläschchen (Siedepunkt 11 bis  $12^\circ$ ), wie man es zugeschraubt (als Anästhetikum) im Handel erhält. Entzünde den Dampf an beiden Öffnungen des wagerechten Rohrs und neige es dann. Die tiefere Flamme ist länger. Die Dampfdichte des Chloräthyls ( $C_2H_5Cl$ ) im Vergleich zur Luft ist 2,21. Der Chloräthyl Dampf sinkt also. — Bei

Behns Versuch bewirken der Auftrieb und der Gasdruck in der Leitung die Verschiedenheit der Flammenhöhe. Der Dichteunterschied zwischen dem Gas im Rohr und der Luft außen ist nach Größe und Richtung für das Versuchsergebnis maßgebend. (Richarz, Z 20, 238; 1907 und 21, 38; 1908. Schreber, Z 21, 246; 1908. Kemna, Z 21, 248; 1908. Rebenstorff Z 23, 226; 1910. Dvořák, Phys. Zeitschr. 9, 1909 und Z 22, 376; 1909.)

### 7. Barometer.

**450.** Heberbarometer. a) Die beiden Glasröhren A und B (Fig. 344) sollen wenigstens 85 und 15 cm, doch besser 90 und 25 cm lang sein. Je größer der innere Durchmesser ist, desto mehr Quecksilber gebraucht man. Bailey benutzt Röhren von 0,6 cm äußerem und 0,2 cm innerem Durchmesser. So enge Röhren liefern keine Barometer, sondern nur Vorrichtungen, die Änderungen des Luftdrucks sichtbar machen. Der Kautschukschlauch C sei 7,5 cm lang. Die kurze Röhre B endige zum bequemen Füllen in einen Trichter (vgl. F 1, 18, § 8, 8). Schiebe, um das Barometer zu füllen, einen reinen, dünnen Eisendraht in die ganze Röhre. Gieß reines und trocknes Quecksilber langsam ein. Der Draht erleichtert der Luft das Entweichen. Bewege, sobald du eine Luftblase entdeckst, den Draht mehrmals auf und ab, bis die Blase emporsteigt. Fülle so die lange Röhre A und den Kautschukschlauch C mit

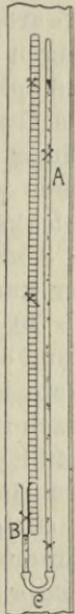


Fig. 344.

Quecksilber, zieh den Draht heraus, kehre die Röhre A um und befestige das Barometer an seinem Standort. Bailey benutzt dazu eine Wand der Fensterverkleidung. Man kann das Barometer auch auf ein schmales,  $\sim 1,20$  m langes Brett nageln und dann hinhängen, wohin man will. Den Barometerstand liest man mit einem verschiebbaren Meterstab ab, wie er in der Abbildung dargestellt ist. Das Barometer enthält noch eine geringe Menge Luft und ist daher nicht ganz genau, doch genügt es für Schulzwecke. — Statt der langen Röhre A kann man auch zwei Stücke von 45 bis 50 cm Länge nehmen, die Enden so dicht wie möglich mit einem Kautschukschlauch verbinden und diesen mit Faden oder Draht festbinden. Anfangs ist das Barometer gut, allmählich dringt jedoch Luft durch den Schlauch. — Lege das „verbundene“ Barometer flach auf den Tisch und prüfe seine Genauigkeit. (B J 53 Nr. 81 und Seite 100.)

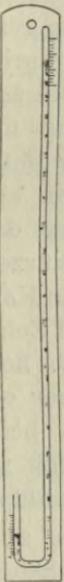


Fig. 345.

b) Verschließ eine  $\sim 0,6$  cm weite und  $\sim 110$  cm lange Glasröhre an einem Ende in der Flamme und biege sie so, daß der eine Arm  $\sim 90$  cm und der andere  $\sim 15$  cm lang wird (Fig. 345). Fülle mit einer Tropfröhre nach und nach Quecksilber ein,

und zwar jedesmal eine 7,5 bis 10 cm lange Säule. Bewege nach jedem Eingießen einer solchen Menge die Barometerhöhe über der Flamme hin und her und koche das Quecksilber aus. Befestige, sobald der lange Schenkel gefüllt ist, die Röhre auf einem Holzbrett und daneben Teilungen. Miß, wie hoch über der kleinen Leiste an dem untern Rande des Bretts das Quecksilber in dem langen und in dem kurzen Schenkel steht. Der Stand im langen Schenkel, vermindert um den Stand im kurzen Schenkel, gibt die Länge der Quecksilbersäule, die dem Luftdruck das Gleichgewicht hält. (W 30 Nr. 30.)

**450\***. Gefäßbarometer. Vgl. S. 216 Nr. 434 und S. 219 Nr. 440.

### 8. Winkelheber.

**451.** a) Herstellung. Man biege aus 0,5 bis 0,9 cm weiten Glasröhren Heber verschiedener Form: solche mit geraden, gleichlangen und ungleichlangen Schenkeln, solche mit rechten, stumpfen und spitzen Winkeln, auch einige mit zwei Knien. Es ist überflüssig, aus Glas Heber herzustellen mit wellenförmig gebogenem, schlangenförmig gewundenem oder geknicktem langem Schenkel; an ihrer Stelle verwendet man zweckmäßiger nicht zu dünnwandigen Kautschukschlauch. Die Mündungen der Heber verengere man auf  $\sim 3$  mm lichte Weite (vgl. F 1, 18 § 8, 9), auch biege man die Enden der kurzen Schenkel ein wenig nach oben.

b) Füllen. Heber an dem Ende des längern Schenkels mit dem Mund anzusaugen, empfiehlt sich nur, wenn die Flüssigkeit ein guter Wein ist. Besser ist es, größere Heber umzukehren, mit einer Spritzflasche Wasser in den längern Schenkel einzugießen, bis der kürzere gefüllt ist, dann diesen mit dem Daumen zu verschließen und nun den längern Schenkel ganz zu füllen. Bequem ist es, kleine Heber in ein geräumiges Gefäß voll Wasser ganz einzutauchen, dann eine Mündung oder auch beide Öffnungen der gefüllten Röhre mit dem Finger zu verschließen, den Heber umzukehren und den kürzern Schenkel in das abzusaugende Wasser einzusenken. Heber aus Kautschukschlauch lege man in Wasser und streife mit Daumen und Zeigefinger die Luft heraus. Man kann auch beide Enden gleich hoch halten, in die eine Mündung einen Trichter stecken und Wasser einfüllen. Nach dem Herausziehen des Trichters drücke man beide Schlauchöffnungen zu und tauche das eine Ende in das Gefäß mit Wasser, doch Sorge man dafür, daß es nicht wieder herauschlüpft.

c) Selbstlaufen. Fülle ein hohes Standglas fast bis zum Rande mit Wasser. Verschließe mit dem Finger den langen Schenkel eines leeren Hebers, tauche den kurzen Schenkel, der nicht länger als die Höhe des Gefäßes ist, erst 10 cm, dann 20 cm tief ins Wasser und beobachte, wie hoch bei dem Lüften des Fingers die Flüssigkeit in dem Heber emporspringt. — Senke den an einer Mündung

verschlossenen leeren Heber so tief ein, daß seine Biegung dem Wasserspiegel so nahe wie möglich liegt, der kürzere Teil des Schenkels aus dem Wasser herausragt und der längere Teil hineintaucht. Lüfte nun den Finger. Die Wucht des emporgedrückten Wassers treibt es über die Krümmung der Röhre hinaus, und der Heber fließt selbsttätig. Man kann auch den offenen Heber zum Selbstlaufen bringen, wenn man ihn im Wasser auf und ab rüttelt. (Postma, Z 22, 407; 1909.) Vgl. S. 164 Nr. 347 und Nr. 455.

**452.** Schwalbe pflegte zunächst durch einige Versuche zu zeigen, daß Drucküberschüsse Flüssigkeitsbewegungen bewirken. Wiederhole die Versuche Nr. 53–55 und 372–374 (S. 30 und 189).

**453. a)** Fülle einen  $\sim 5$  cm weiten gleichschenkligen Heber (Fig. 346), dessen Enden etwas ausgezogen sind, mit gefärbtem Wasser und tauche seine beiden Mündungen in ein weites Gefäß mit Wasser. Er bleibt gefüllt.

b) Halte eine Öffnung zu, hebe ihn vorsichtig so aus dem Wasser, daß beide Mündungen genau gleich hoch liegen, und nimm den Finger weg. Der Heber fließt nicht.

c) Senke das eine Ende etwas. Das Wasser fließt aus der tiefern Mündung aus.

d) Fülle den Heber wieder mit Wasser und tauche den einen Schenkel in ein Trinkglas oder besser in ein großes Einmacheglas voll Wasser. Der Heber fließt. — (Schwalbe, Z F 3, 4; 1886.)

e) Hebe und senke den Heber und bewirke so, daß er bald langsamer, bald schneller fließt.

f) Setze an den einen Schenkel einen langen Kautschukschlauch an, führe mit dem ungleichschenkligen Heber die Versuche (d) und (e) aus und ändere dabei auch die Gestalt des Schlauchs.

**454.** Herons schwimmender Heber (Fig. 347). Stecke einen ungleichschenkligen Heber in einen großen Kork, wickle Bleidraht darum oder siegle Schrotkugeln daran fest, so daß die Vorrichtung in sicherm Gleichgewicht schwimmt. Man kann auch den Kork in eine Glasröhre einsetzen und in die so entstandene Schale Schrotkörner füllen, bis ein sicheres Schwimmen erreicht ist. Sauge den Heber an. Das Wasser fließt mit gleichförmiger Geschwindigkeit ab. (Heron, Pneum. 1, 4.) Das Bild zeigt nur die Anordnung des Versuchs.

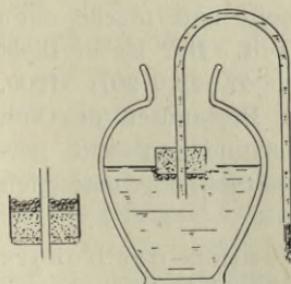


Fig. 347.

**455.** Heber mit ungleich weiten Schenkeln (Fig. 348). Der Heber ist leicht aus zwei Glasröhren und einem Kork zusammenzustellen. Statt der weiten Röhre kann man auch ein

Lampenglas oder eine Flasche mit abgesprengtem Boden verwenden.

a) Fülle den Heber ganz mit Wasser, verschließe die Mündungen, kehre den Heber um und tauche den engern Schenkel in Wasser.

Der Heber läuft langsam und hört auf zu fließen, wenn der Wasserspiegel im Gefäß bis unter B gesunken ist. (Heron, Pneum. 1, 2. B Sch 60 Nr. 143.)

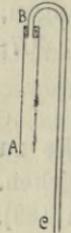


Fig. 348.

b) Weinholds selbstlaufender Heber. Halte die Mündung C (Fig. 348) des längern Schenkels mit dem Finger zu und tauche den kürzern Schenkel fast ganz in ein Gefäß, das genügend tief und fast bis zum Rande gefüllt ist. Nimm den Finger plötzlich weg. Der Heber kommt von selbst zum Fließen. (W D 190.) Vgl. S. 164 Nr. 347 und S. 232 Nr. 451 c.

c) Hebe den Schenkel A B beim Fließen fast ganz aus dem Wasser.

d) Rebenstorffs selbstlaufender Heber. Setze an den engern Schenkel des Hebers (Fig. 348) mit einem Gummischlauch eine Röhre an, die so gebogen ist, wie Fig. 348 a zeigt. Das Stück D E ist etwas kürzer als das weite Rohr A B. Tauche den Ansatz D E in Wasser und fülle ihn. Setze nun den weitem Schenkel A B langsam in das abzusaugende Wasser. Aus dem Ansatz D E wird das Sperrwasser hinausgetrieben, und der Heber fließt. (Rebenstorff, Z 15, 90; 1902.) Vgl. S. 232 Nr. 451 c.

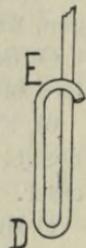


Fig. 348 a.

e) Neugebauers selbstlaufender Heber. Er hat die in Fig. 348 b abgebildete Gestalt. Der enge Rohrteil hat 6 bis 7 mm und der weite Rohrteil 12 bis 13 mm lichte Weite. Die Biegung des engen Teils liegt 11 cm über der obern Biegung des weiten Teils und diese 15 cm über der untern Biegung des weiten Teils. Fülle das Gefäß so hoch mit Wasser, daß der Spiegel mindestens 10 cm vom Rand absteht und tauche dann den Posthornheber in die Flüssigkeit. Der Heber fließt von selbst. (E. Neugebauer, Z 22, 207; 1909. RP 1, 77.) Dieser Heber ist ein Bestandteil des von Emil Neugebauer Wiesbaden erfundenen und hergestellten hydromechanischen Apparats, der gesetzlich geschützt ist.

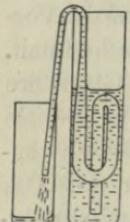


Fig. 348 b.

**456.** Die drei Hauptstellungen des Hebers (Fig. 349). Fülle mit Wasser einen Heber, dessen Schenkel ungleich lang und gerade sind.

a) Tauche den kürzern Schenkel so in das Wasser in einem Einmacheglas, daß die Mündung M des längern Schenkels genau in der Höhe des Wasserspiegels liegt (A). Der Heber fließt nicht.

b) Senke die Mündung M des äußern Schenkels unter den Wasserspiegel (B). Der Heber fließt. Hebe und senke die Mündung und untersuche die Ausflußgeschwindigkeit. Sobald die Mündung des äußern Schenkels in die Höhe des Wasserspiegels im Gefäß kommt, hört das Ausfließen auf, doch bleibt der Heber gefüllt.

c) Hebe die Mündung M über den Wasserspiegel (C). Das Wasser läuft in den Behälter zurück, und der Heber entleert sich.

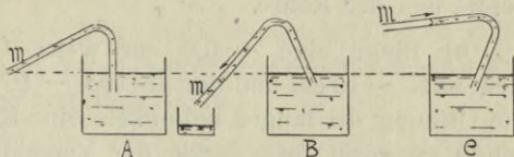


Fig. 349.

d) Wiederhole die Versuche mit anders gestalteten Hebern und zeige, daß die gleichen Erscheinungen auch eintreten, wenn der längere Schenkel in den Wasserbehälter eintaucht. (H. Emsmann, Z F 2, 173; 1885.)

e) Verbinde durch einen Gummischlauch G (Fig. 350) einen größern Trichter T (Glasflasche mit abgesprengtem Boden) mit dem eigentlichen Heber HH'. Gieß Wasser in T und erläutere durch Heben und Senken von T alle Möglichkeiten des Ausfließens, des Stillstehens oder des Rückwärtsfließens bei H'. Es ist bequem, den Kautschukschlauch mit einem Quetschhahn zu versehen. (F. Melde, Z F 3, 198; 1886.)

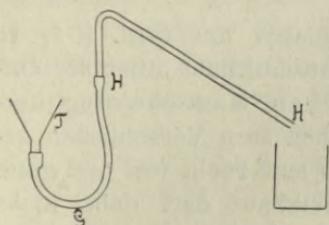


Fig. 350.

**457. a)** Stelle ein mit Wasser gefülltes Einmacheglas neben ein leeres. Fülle einen weiten Heber durch Eintauchen in Wasser, verschließe den längern Schenkel mit dem Finger, tauche den kürzern Schenkel in das Glas voll Wasser, laß den längern in das leere Gefäß hineinhangen und gib die Mündung frei. Das Wasser fließt in das leere Gefäß hinüber, bis es in beiden Gläsern gleich hoch steht. Hebe erst das eine, dann das andere Gefäß und beobachte die Richtungsänderung des Fließens.

b) Verbinde zwei Glasröhren von  $\sim 25$  cm Länge und 1 cm Weite durch einen  $\sim 20$  cm langen Schlauch (Fig. 355 S. 238). Halte beide Schenkelenden gleich hoch und fülle den Heber an der Wasserleitung oder mit einem Becherglas. Verschließe beide Öffnungen mit dem Zeigefinger, kehre das Ganze um, senke den einen Schenkel in ein leeres Einmacheglas und den andern in ein mit Wasser gefülltes und gib dann die Mündungen frei. Der Heber fließt, bis das Wasser in beiden Gefäßen gleich hoch steht. Hebe nun abwechselnd je ein Glas empor. Das Wasser fließt immer in das andere Glas. (R 1, 158. Vgl. S. 238 Nr. 461 c.)

**458. a)** Fülle eine Glasröhre von 0,6 bis 0,9 cm lichter Weite und 45 bis 50 cm Länge mit Wasser, verschließe das obere Ende fest durch den Druck des Zeigefingers und hebe die Röhre empor. Das Wasser geht mit in die Höhe. Lüfte den Finger. Das Wasser fließt sofort aus der Röhre.

**b)** Biege eine  $\sim 0,9$  cm weite Glasröhre so, daß der eine Schenkel  $\sim 10$  cm und der andere  $\sim 50$  cm lang wird. Spanne über die Öffnung des langen Schenkels eine Blase oder Kautschukhaut und binde sie recht fest, damit der Verschluß luftdicht wird. Fülle den langen Schenkel mit Wasser und stelle die Röhre aufrecht. Der Luftdruck trägt die Wassersäule. Stich ein Loch in die Haut. Die Röhre entleert sich.

**c)** Verlängere den kurzen Schenkel der gebogenen Röhre durch einen  $\sim 10$  cm langen Kautschukschlauch, fülle die Röhre mit Wasser, verschließe beide Enden mit den Mittelfingern, drehe die Röhre um, tauche den kürzern Schenkel in ein Gefäß mit Wasser und nimm die Finger weg. Das Gefäß entleert sich rasch. (BS 75 Nr. 77, 78 und 80.)

**459.** Lege den Rand eines Lampenglases um (vgl. F 1, 18 § 8, 8), binde eine sehr dünne, reine Kautschukhaut über die Öffnung und spanne einen starken Kautschukring darüber (wie er bei Regenschirmen zum Verschließen gebraucht wird). Der Verschluß muß recht fest und ganz wasserdicht sein; die Kautschukhaut darf dabei nicht straff gespannt werden, sondern soll etwas lose sitzen. Setze in die obere Mündung des Glases (Fig. 351) einen guten Kautschukstopfen mit einer Durchbohrung (hat er zwei, so verschließe die eine mit einem Glasstab), schiebe durch das Loch des Stopfens eine gebogene Glasröhre und setze einen Kautschukschlauch daran. Fülle das Glas mit Wasser. Die Kautschukhaut wölbt sich dabei ein wenig nach außen. Setze den Stopfen auf und tauche das Ende des Kautschukschlauchs in ein Gefäß mit Wasser, das mit dem Lampenglas in gleicher Höhe steht.

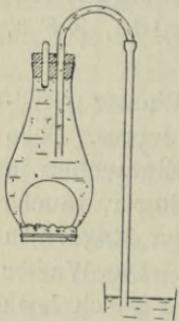


Fig. 351.

**a)** Hebe, um das Saugen zu zeigen, das Lampenglas so hoch empor, daß mindestens 60 cm Schlauch hinabhängen, und presse die Kautschukhaut mit der Hand in das Glas hinein. Der Druck treibt die Luft aus dem Heber und füllt ihn mit Wasser. Das Saugen beginnt und wölbt die Haut noch weiter nach innen. Drücke anfangs mit den Fingern noch etwas nach.

**b)** Senke das Lampenglas und hebe das Gefäß mit Wasser (Fig. 352), um den Druck an der Ausflußmündung des Hebers zu zeigen. Die Haut streckt sich, wölbt sich dann nach außen und

nimmt allmählich eine fast kugelige Gestalt an. Halte bei den Versuchen das Lampenglas über eine größere Schüssel, da Gefahr vorhanden ist, daß die Haut zerreißt. — (SI 117.)

**460. a)** Fülle die Röhre A (Fig. 353), die an dem einen Ende geschlossen und an dem andern etwas ausgezogen ist, mit Wasser und halte sie lotrecht mit der Mündung nach unten. Es fließt kein Wasser heraus.

**b)** Tauche den gleichschenkligen Heber B, dessen Mündungen etwas verengt sind, in Wasser. Verschließe, sobald er vollständig gefüllt ist, die eine Öffnung mit dem Finger und hebe die Röhre aus dem Wasser. Halte den Heber so, daß die Öffnungen nach unten gekehrt sind. Es fließt kein Wasser heraus. Lege den Zeigefinger der freien Hand genau unter die Mitte der Biegung, so daß beide Öffnungen in gleicher Höhe liegen. Nimm recht vorsichtig den Finger von dem verschlossenen Ende der Röhre weg. Beide Mündungen des Hebers sind nun offen, doch fließt kein Wasser heraus. Senke den einen Schenkel ein wenig. Der Heber entleert sich (vgl. S. 233 Nr. 453).

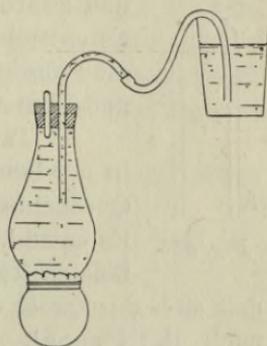


Fig. 352.

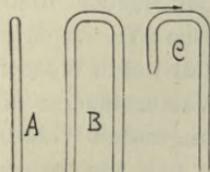


Fig. 353.

**c)** Fülle den ungleichschenkligen Heber C, dessen Enden sich etwas verjüngen, und verfähre mit ihm genau wie bei dem Versuch (b). Das Wasser fließt aus dem langen Schenkel in der Richtung des Pfeils aus. Zieht man über das eine Ende des gleichschenkligen Hebers B einen Kautschukschlauch, so erhält man einen ungleichschenkligen Heber.

**d)** Lege ein Seil oder eine Kette so über eine leicht bewegliche Rolle, daß auf einer Seite ein längeres Stück hinabhängt. Das längere Ende zieht das kürzere hinüber. — (MO 97 § 179.)

**461. a)** Führe mit dem gleichschenkligen Heber (Fig. 354) den Versuch Nr. 460 b aus. Fülle ein gerades ~ 5 cm langes Röhrchen C mit Wasser, halte es dabei zwischen Daumen und Zeigefinger, verschließe gleichzeitig mit dem Goldfinger die untere Öffnung, schiebe C als Verlängerung über den Schenkel B und entferne den Goldfinger von der Öffnung. Der Heber fließt aus.

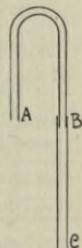


Fig. 354.

**b)** Wiederhole den Versuch, doch tauche dabei das andere Ende A des Hebers in ein Gefäß mit Wasser. Die Vorrichtung wirkt wie ein ungleichschenkliger Heber. (R. Neumann, P B 2, 223 Nr. 4; 1895.)

c) Verbinde zwei gleichlange Röhren, die an ihren Enden etwas ausgezogen sind, durch einen Kautschukschlauch (Fig. 355), fülle sie durch Einlegen in ein Gefäß mit Wasser und wiederhole den Versuch 460 b. Hebe A oder B. Der Heber entleert sich. (S. Sonn, Natur und Schule 1, 239; 1902.)

**462.** Doppelbarometer (Fig. 356). a) Fülle die in Versuch Nr. 436 (S. 218) benutzte Glasröhre mit Quecksilber und kehre sie in einem Gefäß mit Quecksilber um. Es entsteht ein Doppelbarometer. Zeige, daß sich die Flüssigkeiten beim Neigen der Röhre vereinigen und beim Aufrichten wieder trennen. (L F 1, 2, 905.)

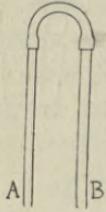


Fig. 355.

b) Tauche die mit Quecksilber gefüllte Röhre in die beiden Gefäße A und B (Fig. 357), die mit Quecksilber gefüllt sind. Stelle beide Gefäße tief.



Fig. 356.

Es entsteht ein Doppelbarometer. Stelle beide Gefäße so hoch (doch das eine tiefer als das andere), daß sich das Quecksilber in der Röhre vereinigt. Es strömt von A nach B. Pascal. (L F 1, 2, 905.) Nimmt man einen ungleichschenkligen Heber, so braucht man weniger Quecksilber.

**462\*.** a) Verbinde zwei halb mit Wasser gefüllte Standgläser durch eine U-Röhre, deren Schenkel 2 cm weit und 30 cm lang sind (Fig. 357 a). Sauge mit dem Rohransatz, der mit Schlauch und Quetschhahn versehen ist, das Wasser empor. Der Heber fließt. Hebe das eine Glas und senke es dann wieder. Das Wasser führt einige Schwingungen aus und kommt so zur Ruhe, daß beide Wasserspiegel gleich hoch stehen. Sauge bei ungleichen Wasserständen die Flüssigkeit langsam empor. Die in den Schenkeln hangenden Wassersäulen sind gleich lang. Das Überlaufen tritt ein, sobald die obere Säule in die Biegung gelangt, trotzdem dort noch Luft vorhanden ist. Der Zusammenhang des Wassers ist keine notwendige Bedingung für das Fließen des Hebers. (M T 123.)

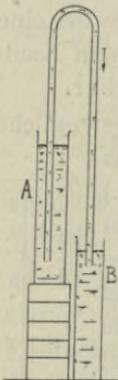


Fig. 357.

b) Setze an den einen Schenkel des Hebers (Fig. 357 a) einen Schlauch an und an den Rohransatz als Druckmesser eine mit gefärbtem Wasser halb gefüllte U-Röhre. Miß beim Fließen des Hebers und bei ruhender Füllung den Druck an der Ansatzstelle.

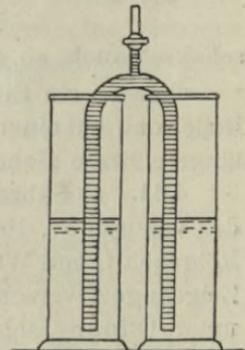


Fig. 357 a.

(B Sch 60 Nr. 145 u. 146. B L U 67.) — Man kann auch den Heber zum Fließen bringen, indem man Wasser durch die Röhre des Druckmessers eingießt. — Vgl. über die Druckverhältnisse im Saugheber: Penzold, Z 18, 156; 1905. Bohn, Die Arbeitsschule 27, 296; 1913.

c) Ersetze bei der Vorrichtung, die in Nr. 538 auf S. 287 beschrieben ist, die beiden Prüfgläschen durch größere Gefäße und befestige die Röhren derart, daß man die Höhe des rechten Gefäßes ändern kann. Stelle zunächst beide Gefäße gleich hoch, fülle sie gleich hoch mit Wasser; färbe dieses im linken Gefäß mit Eosin rot und im andern mit Tinte schwarz. Saug am Schlauch, bis beide Flüssigkeiten den Stil des Gabelrohrs erreicht haben. Verschließe den Schlauch. Beide Flüssigkeitssäulen halten sich das Gleichgewicht. Senke das rechte Gefäß etwas. Das Wasser fließt aus der linken Röhre in die rechte, bis die Flüssigkeiten in beiden Röhren gleich hoch stehen. Stelle nun das rechte Gefäß etwas höher als das andere. (Schuścik, P B 6, 67; 1900.)

**463.** Setze an den Heber A B (Fig. 358) seitlich die Glasröhre C an (oder verwende ein T-Stück) und stecke daran den dickwandigen Kautschukschlauch D mit dem Quetschhahn E. Tauche A und B in die Quecksilbernapfe F und G, sauge an D und schließe E. Das Quecksilber fließt von F nach G. Hat man ein hinreichend großes Gefäß, so macht man C sehr lang, gießt in das Gefäß Wasser und bringt so den Quecksilberheber zum Fließen. Pascal.

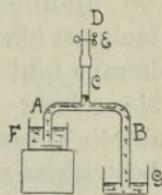


Fig. 358.

**464. a)** Schichte in einem Einmacheglas Wasser über Quecksilber und tauche einen mit Wasser gefüllten Heber in das Wasser. Er fließt. Tauche die Mündung des Hebers in das Quecksilber. Das Fließen hört auf. Bringe die Mündung wieder in das Wasser. Der Heber strömt von neuem.

**b)** Wiederhole den Versuch mit einem Einmacheglas, worin Öl über Wasser geschichtet ist, und mit Hebern, die mit Wasser oder mit Öl gefüllt sind.

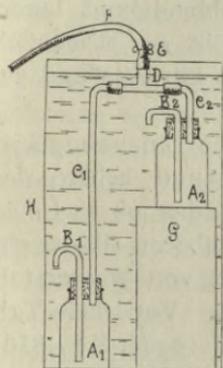


Fig. 359.

**465.** Petroleumheber unter Wasser (Fig. 359). Verschließe die beiden weithalsigen Flaschen A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> mit doppelt durchbohrten Korken, setze die kleinen gebogenen Röhren B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> ein, die bis auf die Böden der Flaschen hinunterreichen, und die langen oben umgebogenen Röhren C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub>. Verbinde diese durch kurze Kautschukschläuche mit dem T-Stück D und setze daran den Schlauch F an, der mit dem Quetschhahn E versehen ist. Fülle A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> mit Petroleum, stelle die Vorrichtung auf den Ziegelstein G

in dem großen Behälter H, gieße diesen voll Wasser, sauge an dem Schlauch F, fülle so den Heber C<sub>1</sub> D C<sub>2</sub> mit Petroleum und schließe den Hahn E. Das Petroleum fließt von A<sub>1</sub> nach A<sub>2</sub>. (Violle, Physik 1, 2, 938.) Vgl. S. 226 Nr. 449\*\*, S. 230 Nr. 449\* und Schreber, Z 21, 246; 1908.

**466. Gasheber. a)** Fülle ein großes Einmacheglas (Fig. 360) mit Kohlendioxyd. Das Erlöschen eines Streichholzes an der Mündung

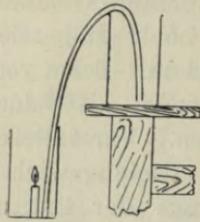


Fig. 360.

des Gefäßes zeigt an, wann es mit dem Gas gefüllt ist. Stelle ein brennendes Licht in ein anderes, aber kleineres Einmacheglas, das tiefer steht. Laß das Kohlendioxyd aus dem obern in das untere Gefäß fließen durch einen weiten Giftheber oder durch einen weiten Kautschukschlauch, an dessen längerem Ende du kurze Zeit saugst, bis sich das Kohlendioxyd durch den Geschmack kundgibt. Die Hebermündungen sollen bis auf den Boden reichen. Benutzt man den

Kautschukschlauch zum Füllen des obern Gefäßes, dann fällt das Ansaugen weg. Böttger. Vgl. S. 226 Nr. 449\*\*.

**b)** Rolle einen in Leim getauchten Streifen starkes Papier mehrfach um einen Kanten von quadratischem Querschnitt. Zieh das Kanten

heraus und laß die Röhre trocknen. Schneide sie schräg durch und vereinige beide Stücke durch Papierstreifen, die sorgfältig mit Leim bestrichen sind, derart, daß der in Fig. 361 abgebildete Heber entsteht, dessen einer Schenkel etwa dreimal so lang ist als der andere. Fülle eine Flasche halb voll mit verdünntem Essig (1 Raumteil starken Essig auf 2 Raumteile Wasser)

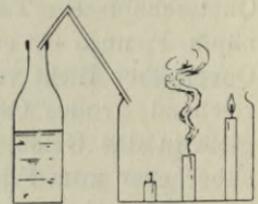


Fig. 361.

und wirf dann kleine Sodakristalle hinein. Es entwickelt sich sofort Kohlendioxyd. Stecke das Ende des kurzen Heberschenkels in den Flaschenhals und lege das Ende des großen Schenkels auf den Rand eines Einmacheglases, wovon zuvor drei brennende Kerzen verschiedener Länge gestellt worden sind. Das Kohlendioxyd lagert sich auf den Boden des Gefäßes, füllt es allmählich und löscht die Kerzen aus, zuerst die kürzeste und zuletzt die längste. (T T 2, 37.)

**c)** Kehre bei dem Versuch (a) die Einmachegläser um, fülle das untere mit Wasserstoff und hebere das Gas mit einem Kautschukschlauch in das obere Gefäß (Fig. 360). Halte an die Mündung des oberen Glases ein brennendes Streichholz. Die Mischung von Wasserstoff und Luft verbrennt mit heftigem Knall. Vorsicht! Vgl. über Wasserstoffheber: Nr. 629\*\*. A T 278. Rebenstorff, Z 8, 316; 1895 und Z 19, 162; 1906.

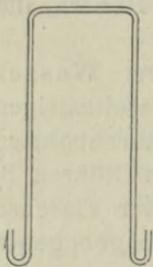


Fig. 362.

**467. Württembergischer oder französischer Heber. a)** Biege aus einer Glasröhre den in Fig. 362 abgebildeten Heber. Man kann ihn gefüllt langsam aus der Flüssigkeit herausheben, ohne daß er sich entleert. Er bleibt also gebrauchsfertig. Er ist schwer herzustellen, läßt sich unbequem ansaugen und liefert einen schlecht

ablaufenden Strahl. Das Abfließen verbessert man, wenn man dem Ausfließende A die in Fig. 362 a abgebildete Gestalt gibt. Stelle zuerst die Biegung A und dann der Reihe nach die andern Krümmungen B, C, D und E her. Achte beim Biegen darauf, daß alle Teile des Hebers in einer Ebene liegen. Miß vor dem Ausführen der letzten Biegung E das Stück B C genau ab, mache  $DE = BC$  und merke die Stelle E mit einem Fettstift an. Runde die scharfen Ränder der Mündungen in der Flamme ab. (Bohn, Die Arbeitsschule 27, 294; 1913.)

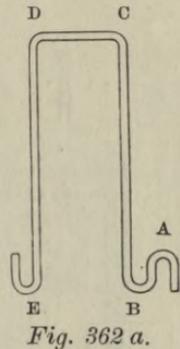


Fig. 362 a.

b) Kite mit Siegelack über die Enden des Hebers (Fig. 362 b) unten zugeschmolzene Stückchen eines doppelt so weiten Glasrohrs oder Eichelnäpfchen und laß dabei für das Wasser genügend Lücken. Senke den Heber mit dem einen Ende voran schräg in eine große Schale voll Wasser. Die Luft entweicht aus der andern Öffnung, die zuletzt eingetaucht wird. Nimm den so gefüllten Heber aus dem Wasser, zuerst die Biegung und zuletzt die Mündungen. In der Luft muß man den gefüllten Heber recht behutsam so bewegen, daß beide Öffnungen gleich hoch liegen; schon bei einer geringen Senkung einer Mündung entleert sich der Heber. Senke den gefüllten Heber mit der einen Öffnung in Wasser. Es fließt aus der andern Mündung heraus. (R P 1, 78.)

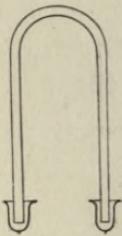


Fig. 362 b.

c) Besser ist die in Fig. 363 abgebildete Form, die man leicht herstellen kann. Man hält B zu und saugt bei A an. Aus der frei gegebenen Mündung B fließt der Strahl lotrecht abwärts. (W D 190.) Vgl. S. 244 Nr. 471.

**467\*.** Rebenstorfs Füllheber. a) Nimm eine U-förmige Chlorkalziumröhre, die an der Biegung einen mit Schlauch und Glasstäbchen verschließbaren Rohransatz hat (Fig. 363 a). Lege auf ein quadratisches feinmaschiges Mullstück (18 Maschen auf 1 cm), ein zweites so, daß sich die Fäden beider schräg kreuzen, und darauf ein drittes Stück so, daß dessen Fäden denen des untern Gewebes gleich laufen. Befeuhte die Mullschicht, binde sie fest über die eine Rohrmündung und schneide die vorragenden Zipfel ringsum weg. Verschließ ebenso das andere Rohrende. Senke beide Mündungen in ein Gefäß mit Wasser, sauge den Heber voll, drücke dann den Schlauch zu und verschließ ihn mit dem Glasstäbchen. Man kann auch beim Füllen nur einen Schenkel eintauchen und zugleich den andern mit der flachen Hand verschließen. Drehe den gefüllten Heber nach allen Richtungen, bewege ihn schnell, doch nicht ruckweise, lege ihn auf den Tisch. Er entleert sich nicht.

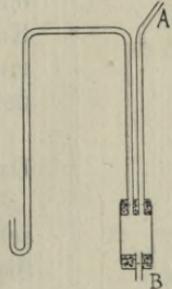


Fig. 363.

Senke den einen Schenkel des gefüllten Hebers in ein Gefäß mit Wasser. Aus dem andern Schenkel fließt das Wasser aus, in einzelnen großen Tropfen, wenn man nur einige Millimeter tief einsenkt, hingegen in bleistiftstarkem Strahl, wenn man einen größern Überdruck erzeugt.

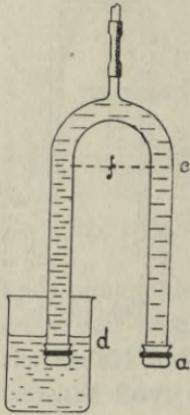


Fig. 363 a.

b) Fülle den Heber mit Wasser und tauche ein kleines Stück des einen Schenkels in Cuprisulfatlösung. Aus dem andern Schenkel fließt das Wasser in ein untergestelltes Glas. In dem eingetauchten Schenkel steigt die farbige Lösung schnell empor und bildet in der Gleichgewichtstellung eine scharfe Grenze gegen das darüberstehende Wasser. Die Längen der Wassersäule *a c* und der Cuprisulfatsäule *d f* verhalten sich wie die Dichten der Lösung und des Wassers. Bei diesem Versuch müssen die Flächen der Mündungen genau wagerecht stehen. — Senkt man den Heber tiefer ein oder stellt man ihn schräg, so steigt die Lösung höher empor. Hebt man ihn dann aus der Lösung heraus, so sinkt die Cuprisulfatsäule nicht wieder zurück. — Tauche nun den mit Wasser gefüllten Schenkel in ein Glas mit Wasser. Die Cuprisulfatlösung fließt aus.

c) Stelle den mit Wasser gefüllten Heber in einer lotrechten Ebene schräg auf. Gieße einige Tropfen Äther in ein Trinkglas, bedecke es mit der flachen Hand und schüttele. Schiebe nun das mit Ätherdampf gefüllte Glas schräg von unten her über die höher liegende Mündung. Es dringt Luft durch den Mullüberzug dieses Schenkels, und das Wasser fließt aus der tiefer liegenden Mündung aus. (Rebenstorff, Z 19, 161; 1906 u. Z 20, 242; 1907. RP 1, 79.)

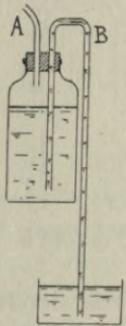


Fig. 364.

**468.** Anblasheber (Fig. 364). a) Passe in die Mündung einer weithalsigen Flasche einen doppelt durchbohrten Kork luftdicht ein und setze in diesen die Anblasröhre A und den Heber B ein. Blase in A hinein und bringe so den Heber zum Fließen.

b) Verschließe die Anblasröhre A mit dem Finger. Das Fließen hört sofort auf.

c) Verbinde die Anblasröhre A durch einen Gummischlauch mit einer Kohlendioxyd-Entwicklungsflasche, deren Sicherheitsröhre genügend lang ist.

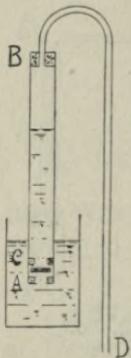


Fig. 365.

**469.** Klappenheber (Fig. 365). a) Passe in ein 3 cm weites und 40 cm langes Glasrohr A B einen durchbohrten Kork luftdicht ein. Halbiere den Stopfen, versieh die untere Fläche der obern Hälfte mit kleinen Furchen, bringe in den Spielraum A C ein rundes Bleischiebchen (oder eine Bleikugel), das

sich darin leicht bewegen kann, und drücke den untern Teil des Korks in das Glasrohr hinein. Senke das mit dem Verschuß versehene Ende in die Flüssigkeit und rüttle das Rohr auf und ab. Die Flüssigkeit steigt in einigen Augenblicken bis B empor. Vgl. S. 190 Nr. 377. Versieh das Glasrohr noch mit der Heberöhre B D. Man kann damit die Flüssigkeit aus einem Gefäß in ein anderes hinüberheben- (K. Antolik, Z 4, 125 Nr. 11; 1891.)

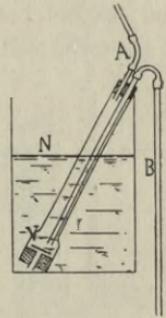


Fig. 366.

b) Setze in das weitere Ende eines Lampenglases (Fig. 366) ein kurzes Glasröhrchen mit einem dichten Kork ein und lege ein Metallscheibchen, eine eben geschliffene Münze, als Klappe V darüber. Setze in den obern doppelt durchbohrten Kork die Anblasröhre A

und den Heber B ein. Befestige an A einen Kautschukschlauch nebst Quetschhahn und als Mundstück ein Glasröhrchen. Tauche den Heber in ein Gefäß mit Wasser. Es dringt in das Lampenglas bis zum Wasserspiegel N ein. Blase in A hinein. Die Klappe V schließt sich, der Heber B wird gefüllt, und das Wasser fließt aus. Verschließ den Schlauch von A, um das Mitreißen von Luftblasen zu verhindern. Unterbrich durch kräftiges Einblasen das Ausfließen. (R. Neumann, P B 2, 223; 1895.)

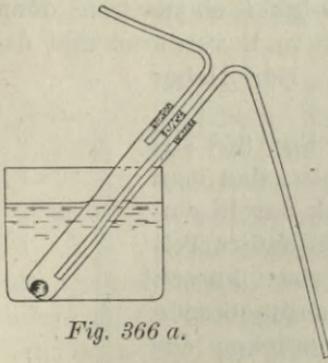


Fig. 366 a.

c) Blase in den Boden eines Prüfglases (Fig. 366 a) ein Loch und lege eine kleine Kugel (aus Glas, Marmor oder Metall) darauf. Verschließe das Glas luftdicht mit einem Kork und führe durch ihn die Blaseröhre und die Heberöhre. Setze das Glas in die Flüssigkeit. Sie hebt die Kugel und dringt in das Glas hinein. Blase nun in die kurze Röhre. Der Heber fließt. Ist die Heberöhre ziemlich eng, so setzt bei dem Sinken des Wasserstandes das Fließen zeitweise aus. (B Sch 62 Nr. 149. R 2, 89.)

469\*. Heber mit Quecksilberansauger. Setze an den Heber H (Fig. 366 b) mit einem Kork ein Prüfgläschen G an, dessen Boden zuvor abgesprengt worden ist. Tauche den Ansatz in Quecksilber. Die verdrängte Luft treibt das Wasser aus dem Heber. Entferne den Behälter mit dem Quecksilber. Das Wasser dringt wieder in den Heber, und er fängt an zu fließen. (Rebenstorff, Z 19, 161; 1906.)

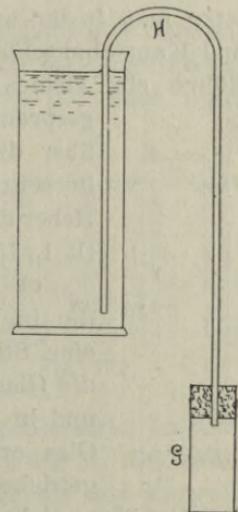


Fig. 366 b.

**470.** Selbsttätiger Heber. Man kann ihn aus Glasröhren, Lampengläsern und Korken oder Kautschukstopfen so zusammensetzen, wie es Fig 367 zeigt. Sauge bei D, bis die Flüssigkeit im zweiten Schenkel unter den Spiegel im Gefäß E gelangt ist. Der Heber fließt nun von selbst weiter. Das Ausfließen hört auf, sobald der Flüssigkeitsspiegel bis zur oberen Öffnung von A gesunken ist; B aber bleibt gefüllt. Kehre nun den Heber um. Die Flüssigkeit fließt von B nach A. Vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit nicht verdunstet oder verdirbt, kann man ihn mit dieser Füllung beliebig lange aufbewahren und ihn später ohne Ansaugen wieder in Betrieb setzen. Dazu genügt, ihn wieder umzukehren und in die abzuhebernde Flüssigkeit einzusetzen; denn

fließt der Inhalt von A aus, so wird die Luft in B verdünnt und dadurch Flüssigkeit aus E nach B gesogen. Der Heber wirkt also selbsttätig. (B Sch 63 Nr. 153.)

**471.** Giftheber. a) Stelle den Heber Fig. 368 aus drei Glasröhren her, deren eine (B) so weit ist, daß man die beiden andern mit Kork und Siegelack darein einsetzen kann. Verengere durch Ausziehen den untern Teil der weiten Glasröhre B etwas und schiebe einen kurzen Kautschukschlauch darüber. Setze A in die abzuhebernde Flüssigkeit, verschließe B durch Zusammendrücken des Schlauchs, sauge an C und gib B frei, sobald der Heber fließt. (W V 170.) Vgl. S. 240 Nr. 467.

b) Kann man die weite Röhre nicht ausziehen, so setze man in ihr unteres Ende einen Kork mit Glasröhre und Kautschukschlauch ein oder verwende statt der weiten Röhre ein kleines Lampenglas oder eine kleine Flasche mit abgesprengtem Boden. (L F 1, 2, 907.) Man kann auch über die Saugröhre C einen Kautschukschlauch streifen, in sein anderes Ende einen Trichter stecken und den Heber durch Eingießen der Flüssigkeit zum Laufen bringen. (R 1, 75.)

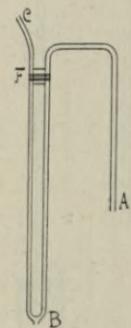


Fig. 367.

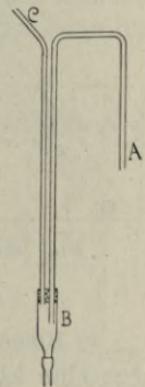


Fig. 368.

c) Biege eine ~ 5 mm weite Glasröhre in die Form, die in Fig. 369 abgebildet ist. Blase mit dem Lötrohr eine Stichflamme auf die Stelle B, während ein Gehilfe die Glasröhre an dem einen Ende mit dem Finger zuhält und in das andere kräftig hineinbläst. Sobald bei B das Glas erweicht worden ist, wird es zu einer Blase aufgetrieben und mit mäßigem Knall zersprengt. Laß nun

den Gehilfen nicht mehr in die Glasröhre blasen. Richte die Stichflamme auf den Rand von B und runde ihn ab. Schiebe bei F ein

Fig. 369.

gut zwischen die Glasröhren passendes Korkstückchen ein und binde Röhren und Kork mit Bindfaden zusammen. (W V 170.)

d) Verbinde ein T-Rohr bei D (Fig. 370) mit einem Winkelheber und bei E mit einer gebogenen Glasröhre. Verschließe die Öffnung B mit dem Finger oder durch Zusammendrücken des daran gesetzten Kautschukschlauchs, sauge bei C und gib B frei, sobald der Heber sich gefüllt hat. (S. Sonn, Natur und Schule 1, 239; 1902.)

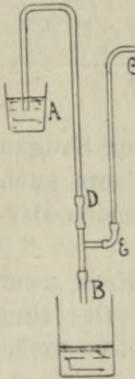


Fig. 370.

**472.** Dreischenkliger Heber (Fig. 371). Stecke die Schenkel  $A_1$  und  $A_2$  mit den doppelt durchbohrten Korken  $B_1$  und  $B_2$  in die Flaschen  $C_1$  und  $C_2$  so ein, daß ihre Mündungen bis auf den Boden hinabreichen. Fülle das eine Gefäß mit rot und das andere mit blau gefärbtem Wasser. Schiebe durch die andern Durchbohrungen der Korke die kurzen gebogenen Glasröhren  $D_1$  und  $D_2$  und streife Kautschukschläuche darüber, die mit

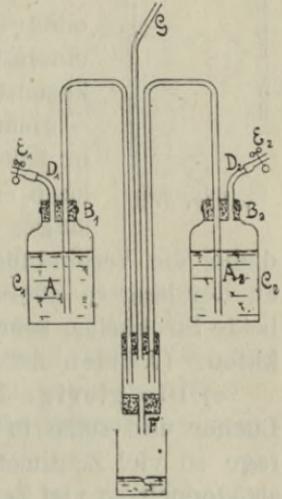


Fig. 371.

den Quetschhähnen  $E_1$  und  $E_2$  versehen sind. Öffne beide Hähne und sauge an G. Es läuft aus F rotes und blaues Wasser ab. Schließe den Hahn  $E_1$ . Es fließt nur Wasser aus der Flasche  $C_2$ . Schließe beide Hähne. Der Heber hört auf zu laufen. Den dreischenkligen Heber kann man auch als „brüderliche Eintracht“ benutzen. (B Sch 62 Nr. 151.)

**473.** Brüderliche Eintracht, Brüderliche Liebe, Fraterna caritas (Fig. 372). Laß den Klempner eine ~ 30 cm lange Metallröhre mit sechs Ansatzröhrchen anfertigen, wovon fünf nach unten und das sechste in der Mitte nach oben gerichtet sind. Versieh A mit einem Gummischlauch und Quetschhahn oder Glasstab. Setze mit kurzen Gummischläuchen Glasröhren (G) an die abwärts gerichteten Metallstutzen. Senke die fünf Röhrchen in nebeneinandergestellte, aber ungleich hoch gefüllte Weingläser, sauge die Flüssigkeit durch A bis zu dessen Mündung hinauf und verschließe sofort A durch den Quetschhahn oder den Glasstab. In allen Gläsern stellt sich die Flüssigkeit gleich hoch. Fülle in die Gläser Flüssigkeiten von verschiedener Dichte und wiederhole den Versuch. (D 90.) Vgl. § 29 Nr. 538. Die Vorrichtung kann man auch nur aus Glasröhren, T-Stücken und kurzen Schläuchen zusammensetzen.

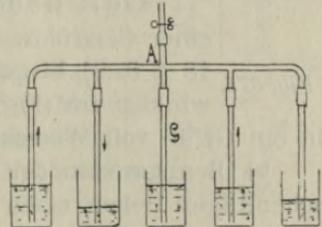


Fig. 372.

**474.** Seltsame Heber. a) Verbinde die Köpfe zweier Tonpfeifen (Fig. 373) durch einen Kork, der mit dem Messer der Länge nach durchbohrt worden ist. (Simianel, L N 17; 1889 Nr. 830. Briefkasten.)

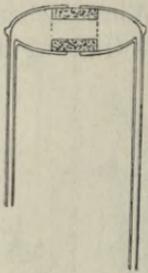


Fig. 373.

b) Mache mit einer Feile oder durch Schleifen auf einem Stein in einen Aprikosenstein (Fig. 374) zwei ~2mm weite Löcher. Stecke in jedes Loch einen Strohhalm, der eine sei etwas länger als der andere, und

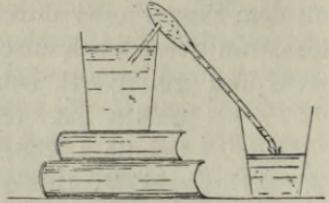


Fig. 374.

dichte die Verbindungen mit weichem Wachs. Bringe durch Saugen an der längern Röhre die Flüssigkeit zum Fließen. Man kann auch beide Strohhalme schräg abschneiden und mit Klebwachs aneinanderkitten. (Adrien Advice, L C 16, 208; 1888.)

c) Die gierige Flasche (Fig. 375). Bohre in einen Kork zwei Löcher und setze in diese zwei Strohhalme luftdicht ein. Der eine rage so viel Zentimeter, wie ein Weinglas tief ist, der andere mehr als doppelt so viel Zentimeter aus dem Kork heraus. Setze den Kork

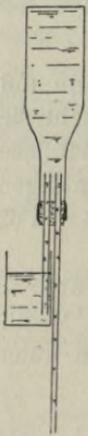


Fig. 375.

auf die mit Wasser gefüllte Flasche, verschließe die Öffnung des kurzen Strohhalmes mit Siegellack oder Brotkrume und schiebe den langen Strohhalm so tief in das Wasser der Flasche hinunter, daß dieses oben heraustritt. Kehre die Flasche so um, daß der kurze Strohhalm bis auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Weinglases reicht, und schneide mit einer Schere den kurzen Halm dicht über dem verschlossenen Ende ab. Das Wasser läuft aus der langen Röhre heraus, bis das Glas leer ist, während die Flasche stets gefüllt bleibt. (T T 1, 113.)

**475.** Heberspringbrunnen. a) Zieh das eine Ende einer Glasröhre zu einer Spitze aus (vgl. F 1, 18 § 8, 9), biege die Röhre dann viermal rechtwinklig um (Fig. 376) und hänge sie als Heber in ein Gefäß voll Wasser (W V 171.)

b) Benutze statt der langen Glasröhre einen gleichschenkligen Heber, einen langen Kautschukschlauch und eine kurze Ausflußröhre. Ändere die Höhe des Wasserstrahls durch Heben und Senken der Ausflußröhre.

c) Fig. 377 stellt einen Heberspringbrunnen dar, den man durch Anblasen in Tätigkeit setzen kann.

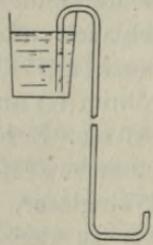


Fig. 376.

**476.** Wasserleitung (Fig. 378). Richte mit einem recht großen Topf, mit einigen Glasröhren oder Kautschukschläuchen eine kleine Wasserleitung her, die man auch als Springbrunnen benutzen kann,

Stelle den Topf hoch auf einen Schrank oder ein Wandbrett. Benutze als Heber eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre A A, stecke an ihren längern Schenkel einen etliche Meter langen starken Kautschukschlauch und binde ihn mit einem mehrmals straff herumgewickelten Bindfaden fest. Setze, damit der Heber immer

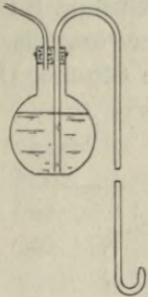


Fig. 377.

gefüllt bleiben kann, an dem andern Ende des Schlauchs einen recht kräftigen Quetschhahn oder einen Messinghahn an, der auf beiden Seiten Schlauchansätze hat. Bringe auch das Wasserstandrohr B B an. Das Wasser steht darin und im Topf immer gleich hoch, falls in der obern Biegung keine Luftblasen vorhanden sind. Laß, um den Wasserstand von unten bequem erkennen zu können,

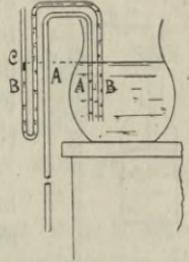


Fig. 378.

in B ein walzenförmig geschnittenes dünnes Stückchen C einer Stearinkerze ohne Reibung schwimmen. Es bleibt weiß, wenn der Hintergrund dunkel ist, wird aber mit zerriebener Bleistiftmasse schwarz gefärbt, wenn die Wand hell ist. (W V 171.)

**477.** Selbsttätige Filterheber. a) Bringe an einer Flasche, die Wasser oder die zu filternde Flüssigkeit enthält, einen Heber A (Fig. 379) an, der die Flüssigkeit in den Trichter leitet. Er fließt nur so lange, als eine andere durch den Stopfen führende weite Röhre B mit ihrem untern Ende nicht in die Flüssigkeit eintaucht und eine Flüssigkeitssäule aufsaugt, die der wirksamen Druckhöhe des Hebers das Gleichgewicht hält.

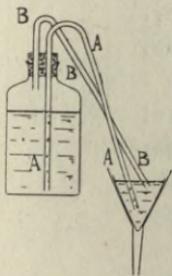


Fig. 379.

b) Schiebe über den langen Schenkel eines Hebers (Fig. 380) einen kurzen Kautschukschlauch, der nur wenig über den Rand der Röhre hinausragt. Stecke eine kleine hohle Glaskugel mit gut ausgezogener und zugeschmolzener Spitze so, wie es die Figur zeigt, mit ihrer Spitze in den Heber hinein. Sie schwimmt auf der zu filternden Flüssigkeit und, sobald diese einen genügend hohen Stand erreicht hat, verschließt der Schwimmer den Kautschukschlauch und unterbricht das Nachlaufen der Flüssigkeit. Beim Sinken öffnet sich

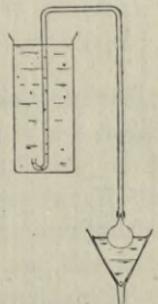


Fig. 380.

der Heber von neuem usf. (Robinson, Chemical News 48, 262, daraus A T 137.)

**478.** Absaugheber (Fig. 381). Ziehe die weite Glasröhre A B unten etwas aus, schiebe eine enge Glasröhre darüber, und kittle sie mit Siegellack fest. Setze in das obere Ende von A B den Heber O C J und das Glasröhrchen J E ein und befestige daran den dickwandigen Kautschukball K. Drücke den Ball zusammen, halte die

Öffnung D mit dem Finger zu, stelle das Ende O in eine Flüssigkeit und laß dann den Ball wieder los. Die Flüssigkeit strömt aus D aus, ohne sich zu trüben. Drücke den Ball rasch zusammen und unterbrich dadurch das Abfließen. — Lehrreich ist dieser Heber, weil er zeigt, daß die sich stets erneuernde Flüssigkeitsäule B D die Rolle eines Kolbens ohne Ende spielt. Der verschiebbare durchlöchernte Kork N dient dazu, die Öffnung O des Hebers beliebig tief in die Flüssigkeit einzutauchen. (K. Antolik, Z 4, 126 Nr. 12; 1891.)

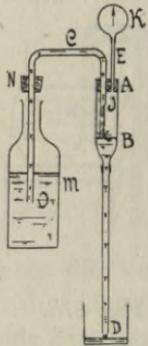


Fig. 381.

**479. Tantalusbecher.** a) Verbinde Baileys Gefäß A (S. 25 Fig. 60) und sein Blechgefäß B durch einen langen Kautschukschlauch C. Fülle das eine Gefäß mit Wasser und hebe, sobald dies in den andern Behälter fließt, die

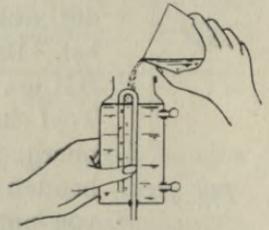


Fig. 382.

Mitte des Schlauchs so hoch wie möglich über beide Gefäße empor. (B J 42 Nr. 60.)

b) Setze das Ende des längern Schenkels der U-Röhre (Fig. 382) so tief in die Bodenöffnung von Baileys Gefäß, daß die Biegung unterhalb der Mündung des Gefäßes liegt, und fülle Wasser in den Behälter. (B J 43 Nr. 61.)

c) Verschließe mit der Hand oder mit einem Kork die Mündung des Gefäßes. Das Fließen hört auf.

d) Fülle das Gefäß nicht ganz bis zu der Biegung des Hebers und tauche das untere Ende der Röhre und das Gefäß in Wasser. Ein Teil der Luft tritt in Blasen aus dem Heber aus. Hebe jetzt den Becher empor. Der Heber beginnt zu fließen. (B Sch 66 Nr. 164.)

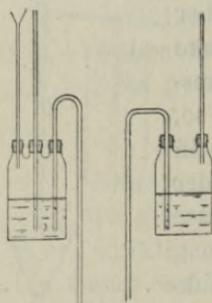


Fig. 383.

e) Aus einer Flasche mit zwei Hälsen oder aus einer Wouffschen Flasche und aus manchen andern Waschflaschen kann man leicht einen Tantalusbecher herstellen (Fig. 383).

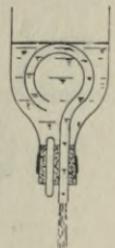


Fig. 384.

f) Sprenge von einer Flasche den Boden ab (vgl. F 1, 15 § 8, 7), biege eine Glasröhre in die Gestalt, die in Fig. 384 abgebildet ist, und stecke sie durch die Durchbohrung des luftdicht schließenden Stopfens. Mache aus einer andern abgesprengten Flasche einen Untersatz und setze den Becher darauf. (Sl 115.)

**480. Kapsel- oder Glockenheber.** a) Sprenge den Boden einer Flasche A (Fig. 385) ab, setze in ihren Hals mit einem Kork die Glasröhre B ein. Kittle mit Siegelack die Köpfe dreier Stecknadeln

D an den Rand des Prüfläschens C und stecke die Spitzen der Nadeln in den Kork. Fülle Wasser in die Flasche. (Philon [Heron 1, 480], Heron 1, 3.) — Bohn (Arbeitsschule 27, 303; 1913) verwendet eine Bierflasche (0,35 l), schleift nach dem Ab Sprengen des Bodens den Rand gut eben und läßt die Nadeln weg. Er führt auch damit die Versuche Nr. 479 b–d aus.

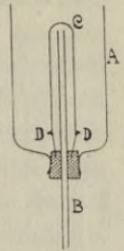


Fig. 385.

b) Durchbohre den untern Teil einer Eierschale (Fig. 386), die oben eine große Öffnung hat, und stecke durch das Loch einen kleinen Strohhalm. Bedecke mit einem Fingerhute das Ende des Halms, das in die Schale hineinragt und fast bis zu der Kuppe des Fingerhuts reicht, ohne sie jedoch zu berühren. Führe das untere Ende des Halms durch einen Kork, der die Eierschale stützt. Stecke drei Gabeln schräg in den Kork hinein und stelle so eine Art Dreifuß her. Dichte die Verbindung zwischen Halm und Schale mit einigen Tropfen Siegellack und kitte damit zugleich den Boden der Schale auf den schwach ausgehöhlten Kork. Stelle unter die Vorrichtung ein Glas und gieße in die Eierschale Wasser. Es steigt, bis sein Spiegel die Kuppe des Fingerhuts erreicht und der Heber gefüllt ist, Dann fließt das Wasser durch den Strohhalm ab. (T T 2, 67.)

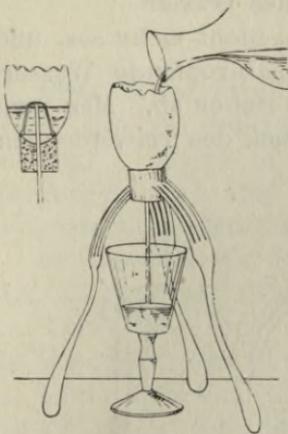


Fig. 386.

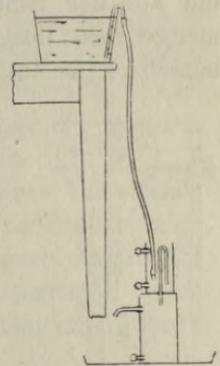
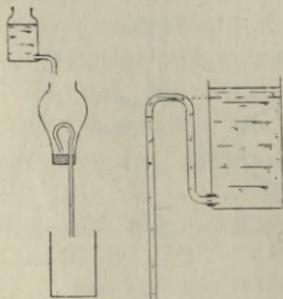


Fig. 387.

**481.** Aussetzende Quellen. a) Setze in Baileys Gefäß und in die Blechbüchse

mit einem 1,3 cm langen Kautschukschlauch den ungleichschenkligen Heber ein. Stecke, wie in Fig. 387, in das untere Ende des langen Kautschukschlauchs eine sehr feine Ausflußröhre, und laß in den Tantalusbecher das Wasser zwar schwach, doch gleichmäßig einfließen. Ist die Ausflußröhre zu weit und setzt das Abfließen aus der Blechbüchse nicht aus, so drücke rechtzeitig den Schlauch zusammen und vermindere dadurch den Wasserzufluß. (B J 43 Nr. 62.)



A B  
Fig. 388.

b) Andere einfache Vorrichtungen zur Erläuterung der aussetzenden Quellen zeigen Fig. 388 A und B.

c) Verschließ ein Lampenglas mit einem durchbohrten Kork und führe durch dessen Loch eine doppelt gebogene Röhre (Fig. 389).

Setze auf das Glas einen Trichter nebst Filter und gieß Wasser auf das Papier. (S. Sonn, Natur und Schule 1, 239; 1902.)

d) Zieh den Hals eines recht großen Glastrichters (Fig. 390) zu einer Spitze aus und setze ihn mit einem Kork in das weithalsige Fläschchen D E ein, ebenso den Heber N O und das Lufröhrchen U. Gieße in den Trichter Wasser. Es füllt, langsam hinabtropfend, in  $\sim 3$  Minuten das Fläschchen, dann fließt es in einigen Sekunden durch den Heber ab. Das Ausfließen hört auf, und nach 3 Minuten beginnt das Spiel von neuem. — Dieser Versuch scheint für die Hebererklärung der aussetzenden Quellen zu sprechen. Nimmt man jedoch die Heberöhre nicht 4 bis 5, sondern 15 bis 20 mm weit, so überzeugt man sich, daß die Heberklärung nicht immer zutrifft; denn das Wasser

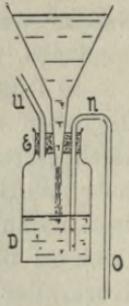
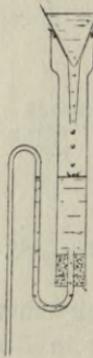


Fig. 389.

Fig. 390.

füllt, wenn es bei N ankommt, die breite Röhre nicht mehr aus, und die aus der feinen Mündung des Trichters hinabtropfende Wassermenge fließt deshalb ununterbrochen durch den Heber ab. Man muß manche kalte aussetzende Quellen durch den Druck des freiwerdenden

Kohlendioxyds erklären. (K. Antolik, Z 4, 126 Nr. 13; 1891.)

e) Versieh ein Standglas, dessen Wand durchbohrt ist, mit dem Heber A B C (Fig. 390 a). Setze über dem Glas die Sturzflasche F in einen Gestellring. Die Röhre  $R_1$  dient zur Luftzufuhr, und

aus der Spitze der Röhre  $R_2$  fließt das Wasser aus. Es füllt allmählich das Glas und läuft durch den Heber ab, sobald es über die Höhe der obern Biegung hinaus gestiegen ist. Da die Heberöhre weiter als die Mündung von  $R_2$  ist, entleert sich das Glas bald. Sowie die Öffnung A frei geworden ist, hört das Fließen auf und dringt Luft ein. Wenn sich das Glas wieder bis zu der Höhe von B gefüllt hat, beginnt das Abfließen von neuem. (Bohn, Arbeitsschule 27, 302; 1913.)

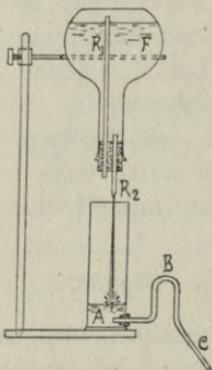


Fig. 390 a.

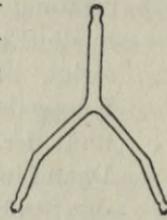


Fig. 391.  
( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

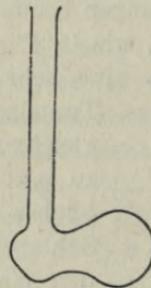


Fig. 392.  
( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

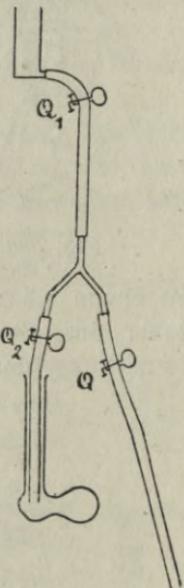


Fig. 393.  
( $\frac{1}{12}$  nat. Gr.)

**482.** Magenpumpe. Fig. 391 zeigt eine solche, die man bei der Veranschaulichung durch ein T-Rohr ersetzen kann, Fig. 392 den dazu gehörigen Vertreter eines Magens, wofür man ein Einmacheglas nehmen darf, und Fig. 393 die Anordnung des Versuchs. An die Magenpumpe setzt man drei Kautschukschläuche an, die man durch die Quetschhähne  $Q$ ,  $Q_1$  und  $Q_2$  verschließen kann. Der obere Schlauch führt zu einem Wasserbehälter, von den untern Schläuchen der kürzere in den Magen und der längere abwärts in einen Eimer. Öffnet man  $Q_1$  und  $Q_2$ , so füllt sich der Magen mit Wasser. Schließt man darauf  $Q_2$  und öffnet  $Q$ , so läuft das Wasser durch den äußern Schlauch ab. Schließt man nun  $Q_1$  und öffnet  $Q_2$ , so entleert sich der Magen durch den Heber. (B Sch 64 Nr. 158.)

**483.** Vgl. über Heberrad S. 173 Nr. 358, über Haarröhrchenheber S. 125 Nr. 247, 248 und über Überfallheber F 1, 40 § 27.

## § 29. Spannung der Luft\*).

### 1. Nachweis der Spannung.

**484.** Knallbüchse. a) Entferne das Mark aus einem Holunderzweig, ohne ihn dabei zu spalten, und benutze als Kolben ein rundes Holzstück. Stecke in die Rohrenden zwei gut befeuchtete, dicke Wergkugeln und stoß mit dem Stempel die eine gegen die andere. Die zusammengedrückte Luft treibt diese Kugel heraus.

b) Verwende als Stiefel ein 8 cm langes Stück eines Gänsekiels oder ein ähnliches Röhrchen und als Kolben einen Federhalter oder ein Kantel, das rund geschnitzt ist und dessen unbearbeiteter Teil als Handgriff dient (Fig. 394). Schneide aus einer Kartoffel oder aus einem Apfel eine fingerdicke Scheibe. Stich mit dem einen Ende des Federkiels einen Pfropfen aus der Kartoffel und schiebe ihn in dieses Ende, so daß es luftdicht geschlossen wird; stich einen zweiten Pfropfen mit dem andern Ende des

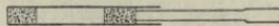


Fig. 394.

Kiels aus und schiebe ihn mit dem Kolben in diese Öffnung. Ehe der zweite Pfropfen den ersten erreicht, treibt die Spannung der zusammengedrückten Luft diesen heraus. (F C 144. T T 2, 81). Die Kartoffelpfropfen schließen nicht ganz luftdicht.

c) Stich mit einem  $\sim 40$  cm langen starkrandigen Glasrohr von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt aus einer 1 cm dicken frischen Kartoffelscheibe einen Pfropfen, schiebe ihn mit einem Bleistift  $\sim 0,5$  cm tief ins Rohr und fülle die so entstandene Grube mit wasserfreiem Lanolin aus. Stich dann aus der Kartoffelscheibe mit derselben Rohrmündung einen

\*) Ein Teil der Versuche über Luftdruck ist bei der Behandlung der Spannung zu wiederholen und nun vollständig zu erklären. Will man die Schüler nicht die Wege führen, auf denen man die Physik der Luft geschaffen hat, so kann man die Spannung vor dem Druck der Luft behandeln.

zweiten Pfropfen aus. Zwischen beiden Pfropfen ist nun das Lanolin eingezwängt. Dieser Doppelpfropf schließt wirklich luftdicht. Setze noch einen zweiten solchen Pfropfen in das andere Ende des Glasrohrs. Drücke mit einem Stäbchen den einen Pfropfen rasch ins Rohr hinein. Der andere Pfropfen fliegt heraus, 10 bis 15 m weit. — Halte die Knallbüchse lotrecht und setze das eine Ende fest auf den Tisch. Lege ein Korkscheibchen auf den obern Doppelpfropf und drücke ihn mit dem Stäbchen abwärts. Je mehr Kraft man anwendet, desto stärker wird die Luft zusammengedrückt. Vermindere den Druck. Die Luft dehnt sich wieder aus. Höre plötzlich auf zu drücken. Das Stäbchen wird herausgeschleudert. (Heinrich, Monatschr. f. d. elem. naturw. Unterr. 1909/10, S. 42.)

d) Bringe bei der Vorrichtung, die in Nr. 119 b (S. 63) beschrieben worden ist, zwischen die beiden Korke Luft. Sie wird bei der Verschiebung des mittlern Korke stark verdichtet und der vordere Kork mit einem Knall herausgeschleudert.

**485.** Blasrohr (Fig. 395). Reiß aus dem Schwankiel eines Pinsels den Haarbüsch heraus und stecke eine Nadel durch den Teil, der mit dem Faden umbunden ist. Diese Vorrichtung dient als Geschoß. Wickle ein Blatt Papier, das mit Leim bestrichen ist, mehrmals um einen dicken Federhalter. Diese Rolle bildet das Blasrohr. Man kann auch ein Glas- oder ein Schilfrohr benutzen; es braucht

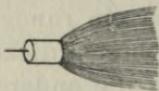


Fig. 395.

nicht so weit wie der Pinsel zu sein. Lege das Geschoß mit der Spitze voran in die eine Rohröffnung und blase kräftig hinein. Es fliegt wenigstens 5 bis 6 m weit. Beim Hineinblasen werden die Haare des Pinsels auseinandergetrieben und gegen die Wand des Rohrs gedrückt und dieses so geschlossen. (T T 2, 83.)

**486.** Die dicke Berta (Fig. 396). Kaufe im Arzneihaus zwei kleine Pakete Brausepulver. Das eine enthält 2 gr Natriumbikarbonat und das andere 1,5 gr Weinsäure. Fülle eine große dickwandige Flasche (z. B. eine Schaumweinflasche) zu einem Drittel mit Wasser. Löse das Natriumbikarbonat in dem Wasser auf. Rolle eine Spielkarte zu einer kleinen Walze zusammen, verschließe das eine Ende mit einem Pfropfen aus Löschpapier und schütte in den Hohlraum die Weinsäure. Stecke in den Boden dieser Schußhülle eine Stecknadel, knüpfe daran einen Faden, der so lang ist, daß der Boden der Hülle nicht bis zum Wasser hinabreicht, wenn der Faden an dem Kork der Flasche befestigt wird

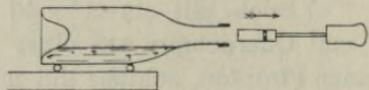


Fig. 396.

und diese aufrecht auf dem Tische steht. Befestige die Hülle, das offene Ende nach oben gekehrt, am Kork und verschließe mit dem Stopfen die Flasche luftdicht. Lagere das Gefäß wagerecht auf zwei runde Bleistifte, die gleich gerichtet auf dem Tisch nebeneinander

liegen. Die Natriumbikarbonatlösung dringt in die Hülse ein, und es entwickelt sich Kohlendioxyd. Dieses treibt unter lautem Knall den Kork heraus, die Flasche rollt infolge des Rückstoßes auf den Bleistiften rückwärts. (T T 1, 77.)

**487.** Der Gehenkte (Fig. 397). Verschließe den Kopf einer Tonpfeife mit einem Kork. Bohre durch diesen nahe bei seinem Rand ein Loch und stecke einen kurzen Strohalm hindurch, der oben mehrmals gespalten und trichterförmig erweitert ist. Stecke lotrecht in den Kork einen Eisendraht und biege ihn über dem Strohalm zu einem Ring um. Dies ist der Galgen. Der untere Teil des Ringes darf von dem obern Rande des Halms höchstens 8 bis 10 cm abstehen. Schneide aus einem Kork oder aus Holundermark eine  $\sim 1$  cm dicke Kugel und glätte ihre Oberfläche mit einer feinen Feile. Stecke einen sehr dünnen Eisendraht hindurch, der in einen Haken endigt. Lege die Korkkugel mit aufwärts gerichtetem Haken auf den Trichter, blase in die Pfeife und bewirke so, daß sich der Kugelhaken in den Ring einhängt. Erhitze  $\sim 5$  cm weit das Mundstück der Pfeife und überzieh es mit Siegelack, damit nicht die Haut der Lippen am Ton kleben bleibt. (T T 3, 51.)

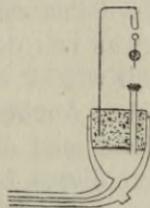


Fig. 397.

**488.** Heronsball (Fig. 398). a) Herstellung. Setze in die Mündung einer enghalsigen Flasche ( $500 \text{ cm}^3$ ) mit einem luftdicht schließenden Kautschukstopfen oder Kork eine Glasröhre, die einige Millimeter, an ihrer Spitze aber nur 0,5 bis 1 mm weit ist, so ein, daß ihr weites Ende fast bis auf den Boden reicht. Fülle den Heronsball bis zu einem Drittel oder bis zur Hälfte mit Wasser. Ist der Stopfen abnehmbar, so gieß das Wasser in die Flasche; ist der Kork mit Siegelack gedichtet, so schiebe über die Röhre einen dickwandigen Kautschukschlauch, sauge daran, drücke ihn dann mit den Fingern zu und öffne ihn unter Wasser. Ist nicht genug Wasser eingedrungen, so kehre den Heronsball um, sauge nochmals daran und verfare wie vorher. (Heron, Pneum. 2, 2.)

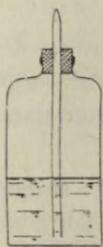


Fig. 398.

b) Stelle den Heronsball in eine Schüssel, schiebe den Kautschukschlauch nur ein wenig über die ausgezogene Spitze der Röhre, blase möglichst viel Luft in die Flasche, drücke, ehe du damit aufhörst, den Schlauch zusammen, verschließe ihn mit einem Glasstäbchen, lockere seine Verbindung mit der Spitze und ziehe ihn dann mit einem Ruck von der Röhre ab. Bei dem Blasen mit dem Brustkorb erzeugt man in der Flasche nur geringen Druck. Eine stärkere Wirkung erzielt man, wenn man das freie Schlauchende in den Mund nimmt, durch die Nase atmet, die Backen halb aufbläht, doch zugleich kräftig damit drückt und so die Luft durch das Wasser in die Flasche treibt. Be-

vor man das Blasen unterbricht, um einmal tief Atem zu holen, drückt man den Schlauch zusammen. — Noch stärker kann man die Luft mit einem Gummiball verdichten. Man kauft einen kleinen Ball mit einem Schlauchansatz und bindet diesen fest über das weite Ende einer Glasröhre. Das andere Ende der Röhre, das zu einer kurzen nicht zu feinen Spitze ausgezogen ist, schiebt man fest in den Schlauch, der an der Spritzröhre des Heronsballs sitzt. Mit der rechten Hand drückt man den Gummiball zusammen und, sobald die Luft in den Heronsball hineingetrieben worden ist, mit der linken Hand das Ende des Schlauchs. Nun zieht man mit der rechten Hand die Rohrspitze etwas aus dem Schlauch heraus und vereinigt, sobald sich der Gummiball wieder mit Luft gefüllt hat, beide Teile von neuem. — Das wiederholte Abnehmen und Anschließen des Gummiballs vermeidet man, wenn man mit einem heißen Nagel eine zweite Öffnung hineinsticht. Auf dieses Loch legt man bei dem Zusammendrücken des Balls den Daumen. Einfacher ist es, ein kräftiges Gummigebläse mit Sicherheitsverschluß zu verwenden. (R P 1, 51.) — Auch mit einer Spritze, deren Kolben dicht schließt, oder besser mit einer Verdichtungspumpe (vgl. S. 218 Nr. 562) kann man die Luft im Heronsball verdichten.

c) Verbinde die Spritzröhre eines Heronsballs ( $1000 \text{ cm}^3$ ) durch einen  $\sim 1,5 \text{ m}$  langen Kautschukschlauch mit einem Trichter. Stelle den Heronsball auf den Fußboden, gieß Wasser in den mit der Hand emporgehobenen Trichter so lange, wie es geht, und zieh dann den Schlauch von der Spritzröhre ab. (Rosenberg, P B 8, 24; 1902. R 1, 150.)

d) Fülle in das Lampenglas von Nr. 373 (S. 189) Wasser, stecke die Röhre so um, daß das weite Ende ins Wasser taucht und das enge Ende aus dem Glas herausragt, und drücke die Kautschukhaut nach innen.

**489.** Windkessel. Setze aus Baileys Gefäß und seinen Nebenteilen die Vorrichtung zusammen, die in Fig. 399 abgebildet ist.



Fig. 399.

a) Blase in den Kautschukschlauch. (Heron 2, 2.)

b) Benutze statt des Mundes den Gummiball eines Zerstäubers. Der Wasserstrahl spritzt 4 bis 6 m hoch empör. — (B J 49 Nr. 74, 88 aux. 18.)

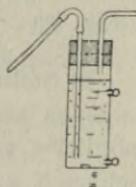


Fig. 400.

**490.** Spritzflasche. a) Stelle, wie Fig. 400 angibt, aus Baileys Gefäß eine Spritzflasche her. Fülle sie mit Wasser und benutze sie, um in ein Gefäß Wasser zu spritzen oder einen kleinen Behälter zu entleeren. (B J 49 Nr. 75.)

b) Passe in einen Stehkolben ( $500 \text{ bis } 1000 \text{ cm}^3$ ) einen Kork ein und durchbohre ihn doppelt. Setze in das eine Loch eine stumpf-

winklig gebogene Glasröhre A (Fig. 401) und in das andere eine spitzwinklig gebogene Glasröhre B ein, die fast bis auf den Boden des Gefäßes reicht, und verbinde diese Röhre durch den kurzen Kautschukschlauch C mit der spitz ausgezogenen Ausflußröhre D.

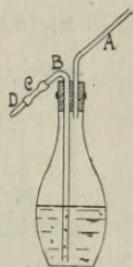


Fig. 401.

**491.** a) Verschließe den kürzern Schenkel des Heberbarometers (vgl. S. 231 Nr. 450) oder die Luftröhre des Gefäßbarometers (vgl. S. 219 Nr. 440) mit dem Finger, mit einem Gummistopfen oder mit einem Kautschukschlauch nebst Glasstab oder Quetschhahn. Der Stand des Quecksilbers bleibt ungeändert.

b) Wiederhole Versuch Nr. 440, S. 219.

**492.** Versuch von Pecquet. a) Zieh eine Glasröhre zu einer längern Spitze aus und biege diese wie in Fig. 402 um. Wiederhole den Versuch von Torricelli (vgl. S. 216 Nr. 434) und blase mit der Glasröhre etwas Luft in den leeren Raum. Die Quecksilbersäule sinkt viel tiefer, als das geringe Gewicht der eingeblasenen Luft erwarten läßt. Bequemer ist es, eine ~ 5 cm lange Luftsäule in der Röhre zu lassen, und sie dann umzukehren. (Poske, Unterstufe d. Naturlehre, 74.)

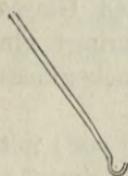


Fig. 402.

b) Wiederhole den Versuch von Torricelli und blase mit der Glasröhre etwas Wasser in den luftleeren Raum. Die Quecksilbersäule wird nur wenig hinabgedrückt.

**493.** Umgekehrter Heronsball. Luftdruck-Springbrunnen. a) Setze in den entleerten Heronsball die Röhre umgekehrt ein, und zieh über ihre äußere Mündung einen dickwandigen Kautschukschlauch (Fig. 403). Saug Luft aus der Flasche, drücke den Schlauch zusammen, nimm ihn aus dem Munde, tauche ihn in ein Gefäß mit Wasser und laß ihn los. Vgl. S. 253 Nr. 488. (W 29 Nr. 29.)



Fig. 403.

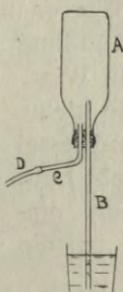


Fig. 404.

b) Passe in die große Flasche A (Fig. 404) einen doppelt durchbohrten Kork ein und schiebe durch ihn die Röhre B mit der ausgezogenen Spitze nach innen und die knieförmige Röhre C, woran der dickwandige Kautschukschlauch D befestigt ist. Tauche B in gefärbtes Wasser und sauge am

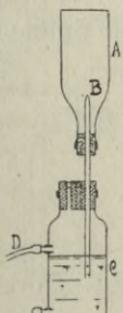


Fig. 405.

Schlauch. Sofort springt Wasser in die Flasche hinein. (C E 32 Nr. 41. Vgl. S. 291 Nr. 549.)

c) Verbinde die große Flasche A (Fig. 405) durch die Ausflußröhre B mit Baileys Gefäß, setze in die obere Seitenöffnung eine kurze Glasröhre ein und schiebe den Kautschukschlauch D darüber.

Sauge am Schlauch, drücke ihn zu, schöpfe Atem und sauge wieder usf. Öffne dann den Schlauch. (B J 47 Nr. 67. Vgl. S. 253 Nr. 488b.)

**494.** Der Heronsball im luftverdünnten Raum. a) Fülle eine kleine Arzneiflasche dreiviertel voll Wasser. Stecke einen kurzen

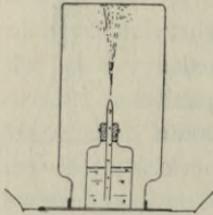


Fig. 406.

Strohalm oder hohlen Pflanzenstengel, dessen innerer Durchmesser recht klein ist, durch den Kork (Fig. 406) und verschließe damit die Flasche luftdicht. Der Strohalm soll fast bis auf den Boden reichen. Lege auf einen Teller einige mit Wasser durchtränkte Stücke Fließpapier und stelle das Fläschchen darauf. Stülpe ein umgekehrtes Ein-

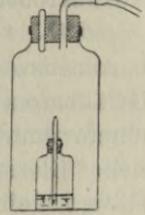


Fig. 407.

macheglas darüber, das einige Augenblicke über einer Kerzenflamme innen erwärmt worden ist. Drücke den Rand des großen Glases kräftig auf das Papier. Bei der Abkühlung der Luft springt ein Wasserstrahl aus dem Heronsball gegen den Boden des Einmacheglasses und zerstiebt dort. (T T 2, 45.)

b) Setze in die Mündung einer enghalsigen Flasche (30 cm<sup>3</sup>) mit einem Kautschukstopfen (kurzem Schlauchstück oder Kork) eine 7,5 bis 10 cm lange Glasröhre ein, die oben fast zugeschmolzen ist (Fig. 407). Gieße in die Flasche so viel gefärbtes Wasser, daß das untere Ende der Röhre hineintaucht. Stelle den Heronsball in das Sauggefäß (vgl. S. 201 Nr. 399) und verdünne die Luft darin. Aus der kleinen Flasche springt ein Wasserstrahl heraus. Verdichte die Luft im Sauggefäß. Sie dringt in die kleine Flasche hinein. Laß die zusammengedrückte Luft aus dem Sauggefäß entweichen. Das Wasser spritzt aus der kleinen Flasche heraus.

c) Setze in das Fläschchen die Glasröhre (Fig. 408) so ein, daß die Spitze im Innern liegt. Gieß etwas gefärbtes Wasser in das Sauggefäß und verschließe so die äußere Mündung der Röhre. Verdichte die Luft in dem Windkessel. Ein Wasserstrahl springt in die kleine Flasche hinein. Sauge aus dem Windkessel Luft. Aus der kleinen Flasche entweicht Luft. Laß in den Windkessel wieder Luft einströmen. Ein Wasserstrahl spritzt in die kleine Flasche. (W 26 Nr. 26).

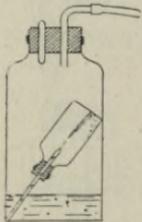


Fig. 408.

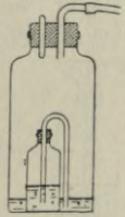


Fig. 409.

d) Setze in die Mündung einer enghalsigen Flasche (30 cm<sup>3</sup>) eine U-förmig gebogene Glasröhre ein (Fig. 409). Gieße in die kleine Flasche so viel Wasser, daß die Glasröhre hineintaucht. Stelle den Heronsball in das Sauggefäß und bedecke die äußere Mündung der Röhre mit Wasser. Verdünne die Luft im Sauggefäß. Die Spannung der Luft in der kleinen Flasche treibt Wasser heraus. Laß in den Windkessel wieder Luft einströmen.

Das Wasser fließt in die kleine Flasche zurück. Verdichte die Luft in dem Windkessel. Es fließt noch mehr Wasser in die Flasche hinein. Entspanne die verdichtete Luft. Aus der kleinen Flasche fließt wieder Wasser heraus. (W 27 Nr. 57.)

**495.** Fülle Wasser in eine gläserne Blase, kehre sie um (Fig. 410) und sauge an der Mündung A. Das Wasser steigt bei B und sinkt bei C. Nimm fest zwischen die Lippen die Mündung A und blase kräftig hinein. Das Wasser sinkt bei B und steigt bei C. Halte das Rohr der Blase nur ein wenig schräg, fülle es bis A mit Wasser und richte dann das Rohr nach oben. Das Wasser sinkt bei A ebenfalls ein wenig, weil das Gewicht der aufgerichteten Wassersäule die Luft etwas zusammendrückt. (W V 16.)

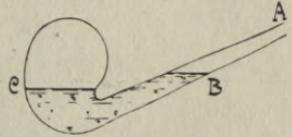


Fig. 410.

**496.** Passe in eine kleine Arzneiflasche (Fig. 411) einen Kork gut ein, stecke eine Glasröhre hindurch und auf ihr äußeres Ende streng einen andern Kork und binde daran eine kleine Kalbsblase fest. Fülle durch die Glasröhre Wasser in die frei hangende Blase, halte diese dabei am Kork, setze die umgekehrte Flasche auf den Kork und drücke die Blase mit der Hand kräftig zusammen. Das Wasser dringt in die Flasche bis nach A. Vermindere den Druck der Hand. Die zusammengedrückte Luft dehnt sich wieder aus und treibt das Wasser aus der Flasche in die Blase zurück. (W V 17.)



Fig. 411.

**497. a)** Sauge in eine längere Glasröhre eine kurze Säule gefärbtes Wasser hinein und verschließe mit dem Finger die untere Öffnung. Blase in die obere Mündung kräftig hinein. Sauge daran.

**b)** Stecke das untere Ende einer längern Glasröhre, die oben rechtwinklig umgebogen ist, luftdicht durch einen Kork, der in den Hals einer Arzneiflasche paßt (Fig. 412). Tauche das durch den Kork gesteckte Ende der Röhre in gefärbtes Wasser und verschließe das andere Ende mit dem Finger. Nimm das untere Röhrenende aus dem Wasser, setze den Kork luftdicht in den Hals der Flasche ein und nimm dann den Finger von dem obern Ende der Röhre weg. Das gefärbte Wasser bleibt in der Röhre stehen. Schiebe über das umgebogene Ende der Glasröhre einen Kautschukschlauch. Blase ganz schwach hinein. Der Wassertropfen bewegt sich abwärts. Sauge schwach an dem Schlauch. Der Tropfen wandert aufwärts. Blase und sauge abwechselnd. (C E 31 Nr. 36—38.)

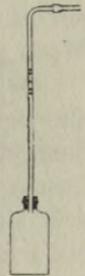


Fig. 412.

**497\*.** Passe in den Hals einer Flasche (1000 cm<sup>3</sup>) einen dicht schließenden guten Kork ein. Führe durch diesen eine Glasröhre, die unten trichterförmig erweitert ist, und streife über ihr oberes

Ende einen Schlauch (Fig. 412 a). Tauche das untere Rohrende in eine gute Seifenlösung und stecke die Röhre in die Flasche, ohne deren Hals zu berühren. Blase vor dem Festdrücken des Korks eine Kugel, die etwa halb so groß als die Flasche ist. Drücke dann den Kork fest und nimm den Schlauch aus dem Munde. Die Seifenblase bleibt bestehen. Blase nun kräftig Luft in die Röhre. Die Kugel wird nur wenig größer. (R P 1, 87.)

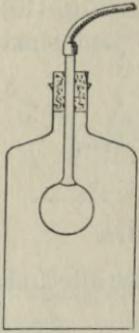


Fig. 412 a.

**498. a)** Verschließe mit einem Kautschukstopfen (Fig. 413) die Mündung der weithalsigen Flasche A ( $30 \text{ cm}^3$ ), stelle A in das Sauggefäß B (vgl. S. 201 Nr. 399) und sauge mit einem Papinischen Kolben (vgl. S. 200 Nr. 398) Luft heraus. (W A 30 Nr. 15.) In den kurzen Schlauch, der den Rundkolben mit dem Gefäß A verbindet, schiebt man eine Drahtspule, damit der äußere Luftdruck den Schlauch nicht zusammenpreßt und dadurch verschließt.

**b)** Spanne eine Kautschukhaut luftdicht über die Mündung der Flasche C ( $30 \text{ cm}^3$ ) und stelle diese in das Sauggefäß B. Verdünne die Luft darin. Die Haut wölbt sich nach außen. Verdichte die Luft in B. Die Haut sinkt in den Hals von C. (W 26 Nr. 25.)

**c)** Eustachische Röhre. Bohre in die Wand der Flasche D ( $30 \text{ cm}^3$ ) das kleine Loch E oder feile eine Öffnung in die Kante, wo sich Wand und Boden treffen, und spanne eine Kautschukhaut über die Mündung von D. Stelle die Flasche in das Sauggefäß B, verdichte und verdünne die Luft in B das eine Mal, wenn das Loch E offen ist, und das andere Mal, wenn es mit Wachs verschlossen ist. Die Kautschukhaut vertritt das Trommelfell und das Loch E die Eustachische Röhre. (W 69 Nr. 97.)

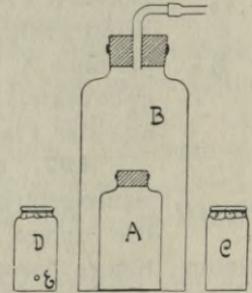


Fig. 413.

**d)** Tauche die Mündung einer kleinen weithalsigen Flasche in eine Seifenlösung (vgl. S. 88 Nr. 174 h) und stelle die Flasche in das Sauggefäß B. Beim Aussaugen wölbt sich aus dem Hals der kleinen Flasche eine Seifenblase hervor, und bei dem Einlassen der Luft zieht sie sich sofort wieder zurück. Der Versuch läßt sich mehrmals mit demselben Häutchen wiederholen. Man kann in die Seifenlösung auch einen Trichter tauchen und seinen Hals in eine zweite Durchbohrung des Stopfens von B so einsetzen, daß der Trichter im Innern von B liegt. Bei der geringsten Luftverdünnung entsteht eine große Blase, und sie verschwindet wieder bei dem Einlassen von Luft. (Sl 201.)

**e)** Fülle ein kleines Glas mit Seifenlösung, erzeuge darin durch Blasen oder Umrühren mit einem Glasstab einen kleinblasigen Schaum, setze das Glas in das Sauggefäß B, sauge erst Luft aus und laß sie

dann wieder einströmen. — Weinhold empfiehlt zum Rühren eine vielfach durchbohrte Blechscheibe, in deren Mitte lotrecht ein starker Metalldraht eingelötet ist. Er bewegt den Rührer in der Seifenlösung rasch lotrecht auf und ab. — Zu dem Versuch kann man auch Bier oder Sodawasser nehmen. Selbst aus gewöhnlichem Wasser entweicht die verschluckte Luft. (R 1, 154.)

**499. a)** Kaufe in einem Spielwarenladen einen Ballon, woran eine kleine Pfeife befestigt ist. Verschließe das eine Loch des Stopfens im Papinschen Kolben (Fig. 414) mit einem Glasstab, stecke durch die andere Durchbohrung eine offene Glasröhre und befestige an dem Ende, das man in die Flasche einführen will, den schlaffen Ball durch Umwickeln von Zwirn. Bringe im Papinschen Kolben Wasser zum Sieden, nimm ihn aus der Flamme und setze den Stopfen auf. Es entsteht ein luftverdünnter Raum, der Ball schwillt an und füllt den Kolben aus. Man kann auch anfangs das eine Loch offen lassen, den Stopfen in den Hals des noch kalten Kolbens einsetzen und erst einige Minuten nach dem Beginn des Siedens die Öffnung verschließen. (Sl 86.) — Verschließe, sobald die Luftverdünnung beginnt, die freie Mündung der Glasröhre mit dem Finger und nimm ihn weg, sobald die Verdünnung zugenommen hat.



Fig. 414.

**b)** Treibe aus einem dünnwandigen Kautschukball fast alle Luft aus und hänge ihn dann an einem Glasstab (oder an einer zugeschmolzenen Glasröhre) auf, den man durch den Stopfen des Papinschen Kolbens gesteckt hat (Fig. 415). Erhitze das Wasser zum Sieden, stößele dann die Flasche luftdicht zu und verdichte den Dampf. Der Ball dehnt sich aus. Laß wieder Luft einströmen. Er sinkt zusammen. (Sl 98.)

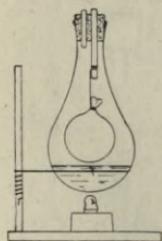


Fig. 415.

**c)** Stelle aus Baileys Gefäß nebst Zubehör die in Fig. 416 abgebildete Vorrichtung zusammen. Bringe sie in irgendeine Lage und sauge Luft heraus. (BJ 46 Nr. 66.)

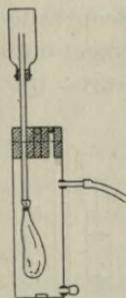


Fig. 416.

**500. a)** Fülle mit gefärbtem Wasser fast ganz ein Prüfglas A (Fig. 417), verschließe es mit dem Zeigefinger, stülpe es in einem kleinen Glas B um, das etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, und setze die Vorrichtung in das Sauggefäß C. Sauge die Luft aus und laß sie dann wieder einströmen. Vgl. S. 200 Nr. 398.

**b)** Stelle in die Glasluftpumpe (S. 199 Nr. 395) ein kleines Prüfglas mit der Öffnung nach unten, gieß Wasser darauf und drücke den Kolben abwärts. Die in dem kleinen Prüfglas abgesperrte Luft

wird zusammengedrückt. Zieh den Kolben empor. Die Luft dehnt sich aus, und ihre Blasen steigen im Wasser empor. (B Sch 68 Nr. 170.)

**500\*.** Öffne schnell einen Brillenköcher oder zieh rasch den Finger aus dem Fingerhut. Der Raum der Innenluft wird vergrößert und ihre Spannung geringer. Die Außenluft dringt unter schwachem Knall in die Behälter hinein.

**501.** Schmelze eine Glasröhre A an einem Ende zu und biege sie, wie es Fig. 418 zeigt. Passe in ein weites Glasrohr oder ein



Fig. 417.

Lampenglas B einen Kolben C luftdicht ein (vgl. Nr. 374, 379, 380, 388) und setze mit einem Kautschukstopfen die zum Teil mit Quecksilber gefüllte Röhre A in das linke Ende von B ein. Verschiebe den Kolben in dem Stiefel B und beobachte die Raumänderung der in A abgeschlossenen Luft. Vgl. S. 199 N. 394.)

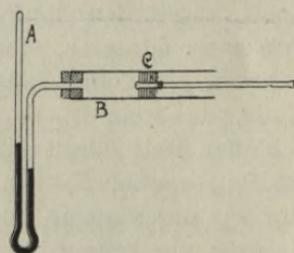


Fig. 418.

**502.** Das emporstrebende Lampenglas (Fig. 419). Zu dem Versuch braucht man Bindfaden, ein überall gleich weites Lampenglas und zwei große gute Korke, die genau den gleichen Durchmesser haben wie das Innere des Glases. Zieh durch die Mitte des Korks A den Faden, mache an dem einen Ende einen Knoten, führe das andere Ende durch das Glas hindurch und zieh damit den Kork bis zum Glas empor. Tauche das untere Ende des Glases in Wasser und zieh nun den Stopfen im Glas empor. Der Kork wirkt wie ein Pumpenkolben und saugt Wasser empor. Verschließe, sobald der Kork A die Mitte des Glases erreicht hat, dessen untere Öffnung unter Wasser mit dem zweiten Kork B. Gieß Wasser in den obern Teil des Glases, doch fülle ihn nicht ganz. Hänge mit dem Faden das Glas an einen Nagel oder an einen Fenstergriff, zieh es ohne Ruck abwärts, bis der Wasserspiegel den obern Rand erreicht, und laß nun das Glas los. Es steigt von selbst so weit empor, daß der Wasserspiegel im Glas wieder seinen ursprünglichen Stand einnimmt. (T T 1, 109.) Vgl. S. 189 Nr. 375\*.

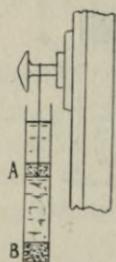


Fig. 419.

**503.** Die hinabsinkende Kanne. (Fig. 420.) Wähle ein Lampenglas aus, das in seinem geraden Teil überall gleich weit ist, und zwei Korke, die genau hineinpassen. Ziehe, wie es Fig. 420 A angibt, durch jeden Kork einen Bindfaden und verhindere durch

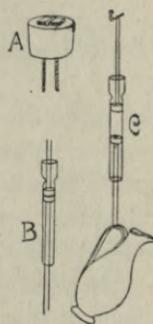


Fig. 420.

ein kleines Holzstück, daß er beim Anziehen den Kork durchschneidet. Schiebe in dem Glas beide Korke so dicht wie möglich aneinander und bis zu der Einschnürung, die vor der Erweiterung liegt. Laß die beiden Enden eines jeden Fadens aus je einem Ende des Glases

heraushängen, wie es Fig. 420 B zeigt. Hänge mit dem obern Faden das Glas an einen Haken (C), befestige am untern Faden einen schweren Körper, z. B. einen Krug oder eine Kanne, und gieß Wasser hinein. Die Kanne zieht den untern Kork abwärts und entfernt ihn von dem obern, der in der Einschnürung festsetzt. Setze den Versuch fort, bis der Kork das untere Ende des Glases erreicht. Man muß viel Wasser in die Kanne gießen. (T T 2, 47.)

**504.** Entleeren eines Eies. a) Stich mit einer Nadel ein kleines Loch in die Spitze eines Eies und setze dieses mit der Spitze nach unten mit einem Kautschukring in den Hals des Papinschen Kolbens ein, worin bereits das Wasser siedet. Sobald die Luftverdünnung eintritt, dringt der Inhalt des Eies zum Teil heraus, wenn das Eiweiß nicht vorher geronnen ist. Sticht man auch in das obere Ende des Eies ein Loch, so wird der Inhalt rascher herausgetrieben. (Sl 100.)

b) Schlage ein kleines Loch in das spitze Ende des Eies, ohne die Haut zu verletzen, die unter der harten Schale liegt, stelle das Ei mit der Öffnung nach unten in ein Branntweinglas, bringe es in das Sauggefäß (vgl. S. 201 Nr. 399), sauge Luft aus und laß sie wieder einströmen. Das Ei enthält an dem breiten Ende eine Luftblase.

**505.** Blase an das eine Ende einer Glasröhre eine recht dünnwandige Glaskugel, schmelze sie mit der Stichflamme ab, laß sie vorsichtig in das Sauggefäß gleiten, verbinde dieses mit dem Papinschen Kolben und verdünne die Luft im Gefäß. Die Glaskugel zerspringt.

**506.** Lege einen eingeschrumpften Apfel (eine Backpflaume) in das Sauggefäß, verbinde es mit dem Papinschen Kolben und verdünne damit die Luft im Gefäß. — Auch aus Nüssen, Eiern, Holz, Holzkohle, Bimstein usw. entweicht Luft, wenn man diese Dinge unter Wasser bringt, nötigenfalls mit einem Stück Blei beschwert, das Glas in das Sauggefäß setzt und die Luft darin verdünnt. Vgl. Nr. 622.

## 2. Zusammenhang zwischen Spannung, Raum und Dichte der Luft.

**507.** Reinige sorgfältig eine 6 mm weite und 1,20 m lange Röhre, schmelze das eine Ende zu, drücke es, noch rotglühend, gegen eine ebene Holzkohle und flache es so ab. Man kann auch den Rand der Röhre umlegen (F 1, 18 § 8, 8), einen gut schließenden Kork hineindrücken, diesen mit dünnem weichem Kupferdraht festbinden und dann gleichmäßig und dick mit Siegellack überziehen. Biege die Röhre U-förmig und mache dabei den geschlossenen Schenkel ~ 20 cm lang (Fig. 421). Befestige die Röhre an einem aufrechten Ständer (vgl. S. 33 Nr. 60). Stelle sein Grundbrett in eine große und dichte Pappschachtel und gieße in das offene Ende der Röhre mit einem enghalsigen Trichter nur soviel Quecksilber, daß es gerade die Biegung ausfüllt, die Luft in dem geschlossenen Schenkel abschließt und nach mannigfachen Bewegungen der Röhre in beiden Schenkeln gleich

hoch steht. Hat man bei diesem Geduldspiel erreicht, daß das Quecksilber in dem geschlossenen Schenkel etwas höher steht als im offenen, so tropfe

man in den offenen Schenkel Quecksilber, bis der gleiche Stand vollkommen erreicht worden ist. Bringe einen Millimetermaßstab so an, daß sein Nullpunkt mit den Quecksilberkuppen gleich hoch liegt. Lies die Länge der Luftsäule (1 cm) in dem kurzen Schenkel ab und gieß langsam so viel Quecksilber nach, daß es in dem kurzen Schenkel die Höhe  $\frac{1}{2} l$  cm erreicht. Ist der Barometerstand  $b$  cm, so steht das Quecksilber in dem offenen Schenkel ( $\frac{1}{2} l + b$ ) cm über dem Nullpunkt. Die Vergrößerung des Drucks um eine Atmosphäre hat die Luft in dem kurzen Schenkel auf die Hälfte ihres frühern Raums zusammengedrückt. Da sich die Luft in dem geschlossenen Schenkel beim Zu-

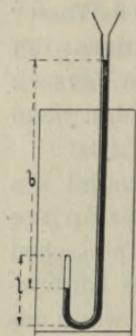


Fig. 421.

sammendrücken erwärmt, muß man die endgültige Ablesung einige Minuten später machen. (G 20; 136 Nr. 8 und 152 Nr. 8.) — Rosenberg (R 1, 147) nimmt eine 1,50 m lange und 5 mm weite Röhre und macht den geschlossenen Schenkel 35 bis 40 cm lang. Er bezeichnet bei Beginn des Versuchs den Stand des Quecksilbers und die Höhenmitte der abgesperrten Luftsäule durch je einen Schlauchring. Von der letzten Marke an mißt er nach oben eine Höhe ab, die gleich dem Barometerstand ist, und bezeichnet ihr Ende am offenen Schenkel durch einen dritten Schlauchring. Füllt er nun in den offenen Schenkel Quecksilber, bis die höchste Marke erreicht worden ist, so steigt das Quecksilber in dem geschlossenen Schenkel bis zu der mittlern Marke.

**507\*.** Bezeichne an einer langen Glasröhre, die überall gleich weit ist, eine Stelle, die von dem einen Ende um den vierten Teil der Rohrlänge absteht. Schmelze hier eine Kugelhöhre an (Fig. 421a). Biege auf beiden Seiten der Kugelhöhre die lange Röhre rechtwinklig so um, daß ihre beiden Schenkel und die Kugelhöhre in einer Ebene liegen. Schleife am untern Ende ein Stück Glasstab eben und schmelze es in die Mündung von P ein oder noch besser, kittle es mit Kanadabalsam ein. Gieß durch die Mündung A Quecksilber ein. Wünscht man Drucke anzuwenden, die geringer als eine Atmosphäre sind, so kann man P schwach erwärmen, doch nicht zu nah bei dem Verschuß. Befestige an dem Ende A sicher ein Stück Schlauch, wovon ein Fahrradventil eingekittet ist. Befestige die Vorrichtung an einem aufrechten Brett und bringe neben jeder Röhre eine Teilung an oder noch besser hinter jeder Röhre einen Spiegelmaßstab. Drücke mit einer kleinen Fahrradpumpe Luft in b hinein. Der Druck in P steigt. Er wird bestimmt durch den Unterschied der beiden Quecksilbersäulen, vermehrt um den Luftdruck.

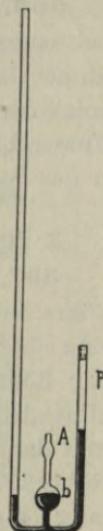


Fig. 421 a.

Die Lufträume verhalten sich wie die Abstände der Quecksilberkuppe von dem Verschuß in P. (Curtis, School Science 5, 187; 1905.) Diese Vorrichtung beruht auf demselben Gedanken wie das Gerät, das N. H. Wilkinson in den Proceedings of the Michigan Schoolmasters' Club for 1899 beschrieben hat.

**508.** Man kann das obere Ende der kurzen Röhre A (Fig. 422) entweder wie die Barometerröhre (S. 216 Nr. 434) zuschmelzen oder mit einer Kappe aus Kautschukschlauch und Glasstab verschließen. Die erste Art des Verschlusses befriedigt zwar mehr beim Gebrauch, doch ist die Röhre etwas schwierig zu füllen.

Wähle eine 25 cm lange und 0,6 cm weite Glasröhre A aus, die überall denselben Querschnitt hat. Verschließe das eine Ende in der Bunsenflamme und verbinde das andere Ende durch einen kurzen Schlauch mit einem kleinen Glasrichter, den man aus einer Röhre leicht herstellen kann. Wähle eine andere Glasröhre B aus, die doppelt so lang als A ist und eine solche Weite hat, daß ihr lichter Querschnitt nahezu doppelt so groß ist als der von A, und erweitere das eine Ende trichterförmig (vgl. F 1, 18 § 8, 8). Verschaffe dir einen 1 m langen Kautschukschlauch, dessen Weite möglichst gleich der von A ist.

Der Schlauch muß so fest sein, daß ihn das Gewicht der Quecksilberfüllung nicht erheblich streckt; hier ist also die beste Kautschuksorte nicht die zweckmäßigste. Schiebe  $\sim 1,5$  cm des Schlauchs über das dünne Ende der Glasröhre B. Verstärke, falls der Schlauch nicht sehr dickwandig ist, das Ende, das über die Röhre A geschoben werden soll, streife deshalb vor dem Ansetzen von A einen 2,5 bis 5 cm langen weitem Kautschukschlauch über dieses Ende. An der Mündung von B wird zwar der Schlauch mehr gespannt und folglich mehr geschwächt, doch hat er an dieser Stelle niemals einen Quecksilberdruck auszuhalten, der viel größer als der äußere Luftdruck ist, und er bedarf daher hier keiner Verstärkung. Benutze wie beim Barometer (vgl. S. 231 Nr. 450) bei dem Füllen von A einen reinen Eisendraht mit Siegellackknopf und gieße so viel Quecksilber hinein, daß es nach dem Herausziehen des Drahts genau 17,4 cm hoch steht und die Röhre 7,6 cm tief mit Luft gefüllt bleibt. Entferne Trichter und Kautschukschlauch und lege die Röhre A auf den Tisch. Das Quecksilber fließt nicht heraus. Streife das Ende des langen Schlauchs nur eben über das Ende einer kurzen Glasröhre und stelle diese dann in ein Trinkglas oder in ein kleines weithalsiges Gefäß, das auf einem Eßteller steht. Laß den Schlauch auf dem Tisch liegen und befestige an seinem andern Ende die Röhre B in aufrechter oder geneigter Stellung. Gieß Quecksilber hinein, bis es aus der kurzen Röhre fließt und der Schlauch ganz gefüllt ist. Überzeuge



Fig. 422.

dich sorgfältig, daß alle Luft aus dem Schlauch verdrängt worden ist, faß ihn dann dicht bei der kurzen Röhre zwischen Daumen und Finger, drücke ihn fest zusammen und ziehe ihn von der Röhre ab. Führe alle diese Arbeiten über dem Teller aus, er fängt das verspritzte Quecksilber auf. Nun kommt der schwerste Teil der Arbeit. Man muß das offene Ende von A einsetzen, ohne dabei Luft hineinzubringen, und den Schlauch so aufstreifen, daß er die Röhre A  $\sim 1,5$  cm weit bedeckt. Gewöhnlich gelingt dies erst nach einigen vergeblichen Versuchen. Schüttele dann das Quecksilber hinunter und bringe die 7,6 cm Luft in den obern Teil von A. Befestige durch Umwickeln von  $\sim 1$  mm starkem Kupferdraht den Schlauch sicher an A und an B. Drehe mit der Zange die Drahtenden zusammen und mache an die obern Enden von A und B Haken oder Schleifen, um die Röhren damit aufzuhängen. Halte beide Röhren lotrecht und hebe B so hoch empor, daß der Quecksilberspiegel darin 76 cm über dem in A liegt, falls der Barometerstand 76 cm ist, und die Luft in der geschlossenen Röhre 3,8 cm einnimmt. Bei dieser Stellung von B soll das Quecksilber darin nur  $\sim 1$  bis 2 cm über dem Schlauch stehen. Ist dies der Fall, so befestigt man die Vorrichtung an der Wand oder an der Fensterverkleidung. Die Seite der Fensterverkleidung bietet einen guten Platz für das Gerät, da der mit Quecksilber gefüllte Schlauch dann auf dem Fensterbrett ruhen kann, wann man die Vorrichtung nicht gebraucht. Stelle auf jeden Fall einen mit Papier ausgeklebten Holzkasten unter. Schlage für die Röhre B den ersten Nagel oder Haken so ein, daß ihr unteres Ende gerade über dem Fensterbrett liegt, und für die Röhre A den ersten Nagel derart, daß nun beide Quecksilberspiegel gleich hoch liegen. Ist die Drahtschleife zum Aufhängen von A nicht wie in der Figur an dem obern, sondern an dem untern Ende von A angebracht, so sind an einer höher gelegenen Stelle noch ein Haken oder zwei gekreuzte Nägel erforderlich, um A in der richtigen Stellung zu halten. Hebe die Röhre B, bis ihr Quecksilberspiegel 38 cm über dem in A liegt, und schlage für sie einen Nagel ein, ebenso dort, wo der Höhenunterschied 76 cm beträgt. Bringe die Röhre B in die ursprüngliche Stellung zurück und schlage Nägel für die Röhre A so ein, daß ihr Quecksilberspiegel 19, 38 und 50,7 cm über dem in B liegt. Springt das Fensterbrett nicht weit über die Verkleidung vor und liegt es so hoch über dem Boden, daß Raum genug da ist, die Röhre B so tief zu senken, daß das Quecksilber in A bis zum Schlauch fällt, so befestige man die Röhren nahe bei der vordern Kante der Verkleidung und nagele A an seiner Stelle fest. In diesem Fall ist bei den drei letzten Ablesungen die Röhre B zu senken.

Bailey hat aus Besorgnis, daß das Füllverfahren manchem zu schwierig erscheinen werde, noch folgende bequemere Einrichtung angegeben: Laß die Röhre A am obern Ende offen und befestige sie

vor dem Füllen am Schlauch. Stecke einen 1,3 cm langen Glasstab in das Ende eines 2,5 cm langen Kautschukschlauchs, wickle straff Kupferdraht darum und stelle so eine Verschlusskappe her. Fülle das Rohr A bis auf 7,6 cm mit Quecksilber, setze die Kappe so dicht wie möglich auf, umwickle sie möglichst straff mit Kupferdraht und zieh den Draht mit der Zange so an, daß er sich fast ganz in den Schlauch eingräbt. Sind nicht genau 7,6 cm Luft abgesperrt, wenn beide Quecksilberspiegel gleich hoch liegen, so hebe je nach Bedürfnis die eine oder die andere Röhre und treibe durch den Schlauch Luft hinein oder heraus. Diese Bauart hat zwar den Vorteil, daß sich die Füllung bequem ausführen läßt, doch den Nachteil, daß die Luft, so oft man die Vorrichtung benutzt, durch die Poren des Kautschuks eindringt, selbst wenn die Verdrahtung so gut ist, daß sie jeden Luftaustausch längs den Berührungsflächen von Glas und Schlauch verhindert. Setzt man jedoch die Vorrichtung nicht lange dem kleinsten und dem größten Druck aus, so ändert sich der Luftraum nicht schnell.

Volkman (V A 126) reinigt und befestigt den Schlauch auf folgende Weise: Er zieht durch den Schlauch mit einem Draht einen Bindfaden, der dreimal so lang als der Schlauch ist. An die Mitte des Fadens bindet er einen Wattebausch, zieht diesen durch den Schlauch, erneuert die Watte und zieht den reinen Bausch durch den Schlauch. Er wiederholt dieses Durchziehen so lange, als noch Staub heraus befördert wird. Dann spült er den Schlauch mit kleinen Mengen Quecksilber so lange aus, als dieses noch staubig wird. Nun bestreicht er die Enden der Glasröhren, woran er den Schlauch befestigen will, mit guter Kautschuklösung, die man in kleinen Tuben in Fahrradgeschäften erhält. Wenn dieser Überzug fast trocken ist, schiebt er das Schlauchende darüber und bindet ihn mit Gummifaden, Bindfaden oder weichem Draht fest. Nach einigen Tagen kann man das Quecksilber einfüllen, wobei man darauf gefaßt sein muß, daß eine Stelle undicht ist und hier die Flüssigkeit in weitem Bogen herausspritzt.

a) Stelle in beiden Röhren das Quecksilber gleich hoch und miß die Luftsäule, die in der Röhre A abgesperrt ist.

b) Hebe die Röhre B, bis die Kuppe des Quecksilbers darin 38 cm über der in der Röhre A steht, und miß die Länge der Luftsäule in A.

c) Hebe die Röhre B, bis der Unterschied der beiden Quecksilberstände 76 cm beträgt, und miß wieder die Luftsäule in A.

d) Bringe die Röhre B schrittweise in ihre ursprüngliche Stellung zurück und senke sie oder hebe die Röhre A, bis der Unterschied der Quecksilberstände erst 19 cm, dann 38 cm und zuletzt 50,7 cm beträgt, und miß jedesmal die in A abgesperrte Luftsäule.

e) Bestimme bei jedem Versuch die Spannung, den Raum und die Dichte der abgeschlossenen Luft. (B J 58 Nr. 88 und B J 101.)

**509.** Miß auf der Glasröhre, die zu dem Torricellischen Versuch dient, von dem offenen Ende an 10 cm und von dem verschlossenen Ende an 20 cm ab und bezeichne die so bestimmten Stellen durch schmale um die Röhre herum geklebte Papierstreifen A und C (Fig. 423).

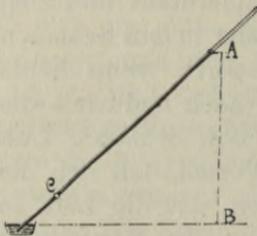


Fig. 423.

Fülle die Röhre bis zu der Papiermarke in der Nähe der Mündung mit Quecksilber, so daß eine 10 cm lange Luftsäule von der Dichte der Atmosphäre darin bleibt, verschließe die Röhre mit dem Finger und tauche sie wie bei dem Torricellischen Versuch in ein Gefäß mit Quecksilber. Neige nach dem Wegnehmen des Fingers die Röhre so, daß die Quecksilberkuppe bei der obern Marke steht, die Luft also ein

20 cm langes Stück der Röhre einnimmt, d. h. einen doppelt so großen Raum wie zuvor. Miß die Höhe A B der Quecksilberkuppe über dem äußern Quecksilberspiegel. Sie ist halb so groß wie der Barometerstand. (W V 164.) Vgl. S. 255 Nr. 492.

**510.** Verschließ eine 6 mm weite und  $\sim 130$  cm lange Glasröhre an dem Ende A (Fig. 424) und biege sie so, daß A B 7,5 cm, B C 5 cm, C D 85 cm, D E 5 cm und E F 27,5 cm lang werden. Das Ende F bleibe offen. Befestige die Röhre auf einem Brett, um sie vor Beschädigungen zu bewahren. Fülle mit einer Tropfröhre so viel Quecksilber ein, daß die Säule von G bis H reicht, wenn man die Vorrichtung wagrecht hält.

a) Hebe, um für Drucke, die größer als eine Atmosphäre sind, die Lufträume zu bestimmen, das Ende H der Vorrichtung bis zu verschiedenen Höhen empor und miß, wie hoch über dem Tisch die Quecksilberkuppen in den Schenkeln liegen.

b) Hebe, um für Drucke, die kleiner als eine Atmosphäre sind, die Lufträume zu bestimmen, das Ende G empor und miß wie vorher. (W 28 Nr. 28.)

**511.** Meldes Kapillarbarometer (Fig. 425). Trockne eine 60 bis 70 cm lange und 2 mm weite Glasröhre gut, zieh das eine Ende zu einer kurzen Spitze aus und brich diese so ab, daß eine feine Öffnung entsteht. Tauche das weite Ende in Quecksilber und sauge mit einem Schlauch an der feinen Öffnung vorsichtig, damit keine Feuchtigkeit eindringt. In die Röhre wird ein Quecksilberfaden hineingesogen. Mache ihn halb so lang als die mittlere Höhe

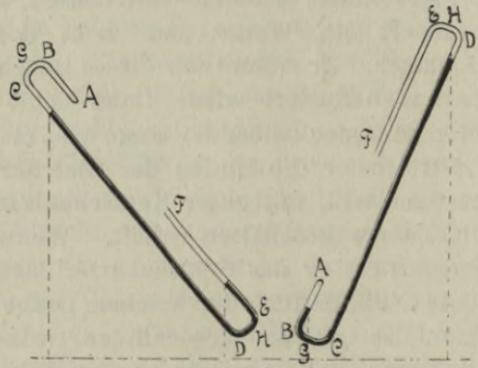


Fig. 424.

des Barometerstandes am Beobachtungsort. Halte die Röhre wagerecht und verschiebe durch Klopfen gegen die Röhre oder durch vorsichtiges Neigen den Quecksilberfaden in eine solche Stellung, daß das eine Ende  $\sim 10$  cm von der feinen Öffnung entfernt ist. Lege die Glasröhre so auf den Tisch, daß das spitze Ende  $\sim 10$  cm über den Rand vorsteht, nimm die Weingeistlampe oder die Gaslampe in die linke Hand und das Lötrohr in die rechte und schmelze die Spitze zu, ohne dabei die Glasröhre zu bewegen. Stelle nach dem Erkalten die Glasröhre lotrecht, und zwar Fig. 425. das eine Mal so, daß die Öffnung oben, und das andere Mal so, daß sie unten liegt. Im ersten Fall wird der Luftraum auf zwei Drittel der ursprünglichen Länge zusammengedrückt und im andern Fall auf das Doppelte der anfänglichen Länge ausgedehnt. Liegt die Röhre wagerecht, so ist die Spannung der abgesperrten Luft gleich dem Druck der äußern Luft. (W V 164.)

F. Melde (Wied. Ann. 32, 659; 1887, daraus Z 1, 168; 1888) verschloß das eine Ende mit einer kleinen, genau passenden Eisenwalze, die er mit Siegellack, Kitt oder Siegellackfirnis befestigte. Er füllte das Quecksilber mit einem Glastrichter ein, dessen Hals dünn ausgezogen war, und verschob den Quecksilberfaden mit einem dünnen Eisendraht oder Stahldraht, der am Ende einen winzigen Siegellackknopf trug. Er stellte das Röhrechen erst mit der Mündung nach oben und dann mit der Mündung nach unten und maß jedesmal die Länge der Luftsäule ( $v_1$  und  $v_2$ ) und die Länge der Quecksilbersäule ( $h_1$  und  $h_2$ ). Bezeichnet  $b$  den Barometerstand, so ist  $(b + h_1) v_1 = (b + h_2) v_2$ .

Bohn (BLU 68) verschließt die Röhre an dem einen Ende, setzt an das offene Ende mit einem kurzen Schlauch einen Trichter an, führt durch diesen eine lange fein ausgezogene Glasröhre und gießt dann etwas Quecksilber in den Trichter.

E. Maiß (Wiener Vierteljahrsber. z. Förd. d. phys. u. chem. Unterr. 5, 15, 1900, daraus Z 13, 337; 1900) benutzte eine 800 mm lange und 3 mm weite Barometerröhre, an deren Mündungen er eng anliegende Ringe und Drahtbügel zum Aufhängen angebracht hatte. Er machte den Quecksilberfaden 20 bis 30 mm lang. Ich selbst verwandte früher in den Praktischen Kursen in der Alten Urania, freilich nicht zu Vorführungen, 50 cm lange und 1 mm weite Glasröhren und einen  $\sim 15$  cm langen Quecksilberfaden. Ich ließ die an dem einen Ende zugeschmolzenen Röhren erwärmen, mit den offenen Enden in Quecksilber tauchen und dann abkühlen. Der Quecksilberfaden wurde nach Melde mit Eisendraht an die gewünschte Stelle geschoben. Über meine neuen Vorrichtungen vgl. H H 183. Die Röhren darf man nicht erschüttern und nur an den offenen Enden anfassen. Vgl. auch Rusch, Z 18, 28; 1905.

**511\*.** Hennings (Z 25, 295; 1912) bringt einen Quecksilberfaden in die Mitte einer 110 bis 120 cm langen und gleichmäßig weiten (1 bis 1,5 mm) Glasröhre und verschließt beide Enden A und B (Fig. 425 a). Das Verhältnis der Lufträume an den Enden soll kleiner als 2 und größer als 1 sein, wenn die Röhre wagerecht liegt. Hennings legt die Röhre zuerst wagerecht und mißt die Längen der Luftsäulen  $V_1$  und  $V_2$ . Dann neigt er die Röhre unter einem bestimmten Winkel und mißt wiederum die Längen der Luftsäulen  $U_1$  und  $U_2$  (Fig. 425 b).

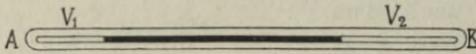


Fig. 425 a.

Nun dreht er die Röhre in der lotrechten Ebene, die durch ihre Längsachse geht, um  $180^\circ$  in die zugeordnete Stellung und mißt zum drittenmal die Längen der Luftsäulen. Aus dem Boylischen Gesetz leitet Hennings durch Rechnung den Satz ab, daß sich bei zwei einander zugeordneten Stellungen der Röhre die eintretenden Raumänderungen verhalten wie die Produkte der Räume der beiden Luftsäulen. Diese Folgerung aus dem Boylischen Gesetz bestätigt er durch die angegebenen Messungen.

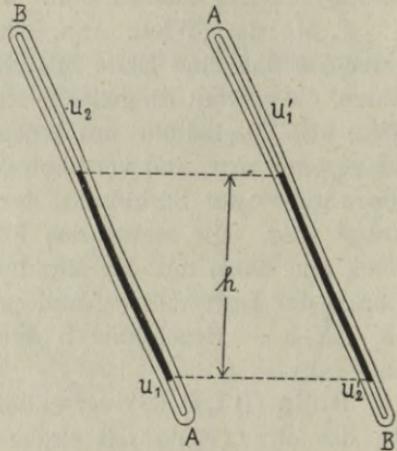


Fig. 425 b.

**511\*\*.** Eiche bei dem Versuch 500 a (S. 259) das Prüfglas A. (Vgl. F 1, 39 Nr. 16.) Befestige es mit einer federnden Klammer aus Draht oder Blech lotrecht an der Wand des Glases B oder laß es mit einem Kork auf dem Wasser in B schwimmen. Durchbohre den Kork des Sauggefäßes C doppelt, schiebe durch das zweite Loch ein kurzes Knierohr und verbinde es mit einem Spannungsmesser. Verdünne und verdichte die Luft in C, miß die Spannung und gleichzeitig den Raum der in A abgesperrten Luft. (Penseler, Z 22, 168; 1909.)

Durchbohre den Kork des Sauggefäßes C doppelt, schiebe durch das zweite Loch ein kurzes Knierohr und verbinde es mit einem Spannungsmesser. Verdünne und verdichte die Luft in C, miß die Spannung und gleichzeitig den Raum der in A abgesperrten Luft. (Penseler, Z 22, 168; 1909.)

### 3. Druckmesser.

**512.** Druckmesser oder Manometer sind schon in diesem Buch bei dem Aufbau vieler Vorrichtungen benutzt worden. Wegen der häufigen Verwendung der Druckmesser ist zu empfehlen, sie mit Einzelvorrichtungen nicht dauernd zu verbinden, sondern als selbständige Geräte mit großer Sorgfalt zu bauen. Da bei Freihandversuchen meistens bloß kleine Druckunterschiede nachzuweisen sind, so verwendet man dabei fast nur Flüssigkeits-Druckmesser. Zur Füllung benutzt man Quecksilber, Wasser, auch Schwefelsäure ( $1,83 \text{ gr/cm}^3$ ), Glycerin ( $1,26 \text{ gr/cm}^3$ ) oder Olivenöl, seltener Alkohol

oder Äther und bei engen Röhren Petroleum, Toluol oder Xylol und färbt diese Stoffe kräftig, wo dies erforderlich ist. Über die Befestigung der Röhren vgl. S. 33 Nr. 60.

Man liest stets die wagerechten Berührenden der Kuppen ab, also an Quecksilberflächen die höchste und bei Wasserflächen die tiefste Stelle. Zum scharfen Erkennen der Kuppe schirmt man von oben kommendes Licht ab oder bringt hinter der Kuppe ein Ölpapier mit schrägen Strichen an (Röntgen). Auf die Spitzen, wo die Striche und ihre Spiegelbilder zusammenstoßen, kann man leicht einstellen. Beim Ablesen sieht man senkrecht auf die Teilung des Maßstabes. Die richtige Stellung des Auges findet man mit einem Spiegel; man hält ihn gleichgerichtet zur Teilung und bringt das Spiegelbild des beobachtenden Auges in den abzulesenden Punkt. Oder man zielt nach einem fernen Punkt und hält so eine feste Sehrichtung inne. Vor dem Ablesen klopft man mit einem Finger an die Röhre.

Die Empfindlichkeit der Druckmesser läßt sich steigern, wenn man die Röhren schräg stellt. Dann nimmt man Röhren von 1 bis 3 mm Weite und füllt sie mit Petroleum, Toluol oder Xylol, während man sonst nur Röhren verwendet, die mindestens 7 mm weit sind.

Will man nur die Wirkungsweise der Spannungsmesser zeigen, so erzeuge man den Druck durch einen Kautschukballon oder durch eine Wassersäule, wobei man eine Flasche mit Wandöffnung (vgl. S. 16 Nr. 25) oder einen Trichter durch einen Kautschukschlauch mit dem Spannungsmesser verbindet. Man kann auch bloß mit dem Munde saugen oder blasen und dabei die Leistungen seiner Lunge messen.

**513.** a) Offne Gefäß-Druckmesser für Überdruck sind verwandt worden bei den Versuchen Nr. 5, 7, 32, 394, 447, solche für Unterdruck bei den Versuchen Nr. 238, 394, 418, 441.

b) Fig. 426 stellt eine bequeme Form eines Unterdruckmessers dar.

c) Verbinde einen Papinschen Kolben (Fig. 427), durch einen dickwandigen Kautschukschlauch mit einer langen offenen Röhre, tauche ihr unteres Ende in ein Glas mit Quecksilber, verdünne die Luft und miß ihre Spannung. (S190.)

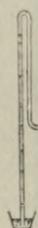


Fig. 426.

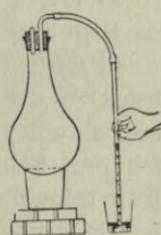


Fig. 427.

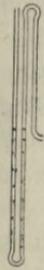
**513\*.** Das falsche Wasserbarometer. Verschließ eine Kochflasche mit einem durchbohrten Kautschukstopfen, stecke durch diesen eine bis auf den Boden reichende enge Glasröhre und gieß in die Flasche eine ~ 2 cm hohe Schicht gefärbtes Wasser. Nimmt der äußere Luftdruck ab oder zu, so steigt oder fällt das Wasser in der Röhre. Der Einfluß der Wärme läßt sich beseitigen, wenn man die Flasche in ein großes Gefäß mit Wasser taucht und die Versuchsdauer auf einige Minuten beschränkt. Trage die Vorrichtung in ein höheres

Stockwerk. Der Stand der Wassersäule ändert sich erheblich. Selbst ein Höhenunterschied von 1 m läßt sich noch deutlich wahrnehmbar machen. (O. Kleinstück, P P 3, 220; 1890.) Max Veith (P B 3, 173; 1896) hat der Vorrichtung die in Fig. 428 abgebildete Gestalt gegeben. Er stellt die Flasche in einen Kasten voll Sand. Vgl.



S. 224 Nr. 447—449. Der Name Wasserbarometer ist unzutreffend und auch unzulässig, da bereits eine andere Vorrichtung und zwar mit Recht so benannt worden ist.

**514.** Offne Heber-Druckmesser sind verwandt worden bei den Versuchen Nr. 7, 10, 14, 18, 24, 25, 34, 50, 55, 60, 199, 225, 345, 439. Bei Heber-Druckmessern lege man die Schenkel dicht nebeneinander. Verbindet man die Schenkel des Druckmessers durch einen Gummischlauch beweglich mit-



einander, so ist es in manchen Fällen zweckmäßig, den Schlauch recht eng, nur einige Millimeter weit, und starkwandig zu nehmen. Eine bequeme Form eines Heber-Druckmessers stellt Fig. 429 dar. Schwalbes Melde-Druckmesser ist § 32 Nr. 641 beschrieben.

**514\*.** Messung des Gasdrucks. a) Verbinde einen offenen Heber-Druckmesser durch einen Gummischlauch mit dem Arm B eines T-Stücks (Fig. 429a) und den Arm A mit dem Gashahn. Auf diese Weise vermeidet man den Überdruck, der durch das Anstecken eines Schlauchs an die Gasleitung entsteht (R 1, 148). Miß den Gasdruck in den verschiedenen Stockwerken des Gebäudes und erkläre das Ergebnis.

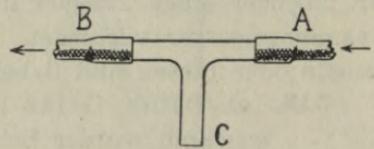


Fig. 429 a.

b) Ohne Druckmesser kann man den Druck in der Gasleitung auf folgende Weise feststellen: Stecke den Gasschlauch tief in ein Gefäß mit Wasser, drehe den Gashahn auf und zieh den Schlauch so weit empor, daß eben Blasen hervorquellen. Dann mißt die Tiefe der Schlauchmündung unter dem Wasserspiegel den Gasdruck. (Asmus, Z 27, 41; 1914.)

**514\*\*.** Druckmesser von F. C. G. Müller. (M T 102.) Er legt eine U-Röhre schräg und zwar beide Schenkel in eine Ebene und erhält so einen recht empfindlichen Druckmesser. Fig. 429 b zeigt den

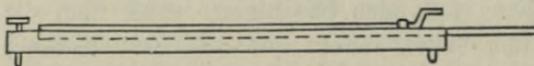
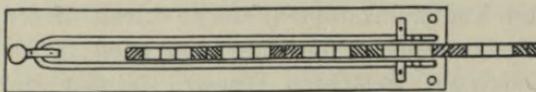


Fig. 429 b.

Aufriß und den Grundriß der Vorrichtung. Das 4 cm dicke, 15 cm breite und 50 cm lange Grundbrett ruht auf zwei Füßen und auf einer Stellschraube (oder auf einem Keil). Die

wirksame Schenkellänge der 2 mm weiten Röhre ist 40 cm. Die Enden sind zweimal rechtwinklig gebogen, so daß sie ein wenig über der Ebene der Schenkel liegen. Bei der Ablesung wird ein Maßstab so zwischen die Schenkel geschoben, daß sein Nullpunkt mit der untern Kuppe zusammenfällt. Die Röhre wird zur Hälfte mit gefärbtem Äther gefüllt. Zur bequemen Ablesung ist auf der abge- schrägten Hinterseite des Grundbretts ein unter 45° geneigter schmaler Spiegel befestigt. Mit der Fußschraube oder mit dem Keil kann man die Empfindlichkeit beliebig ändern. — Vgl. S. 224 Nr. 448.

**514\*\*\*.** Biege ein Trichterrohr dicht unter dem Kegel um und zieh das Ende der Röhre dünn aus (Fig. 429c). Fülle in das Gefäß eine gefärbte Flüssigkeit und verbinde die Röhre durch einen Gummischlauch mit dem Behälter, dessen Innendruck zu messen ist.



Fig. 429c.

**514†.** Druckmesser von Grimsehl. (Z 18, 198; 1905.) Setze auf den linken Schenkel der U-förmig gebogenen Glasröhre a (Fig. 429d) mit einem Kork die kleine Arzeneiflasche b, deren Boden abgesprengt ist, und auf den rechten Schenkel mit einem doppelt durchbohrten Kork die weithalsige Arzeneiflasche c. Führe das Knierohr d durch das andere Loch des Korks. Fülle den rechten Schenkel von a mit gefärbtem Wasser und den linken mit Terpentinöl. Die Grenze beider Flüssigkeiten liegt bei E. Verbinde die Röhre d durch einen Gummischlauch mit dem Gefäß, dessen Innendruck zu messen ist.

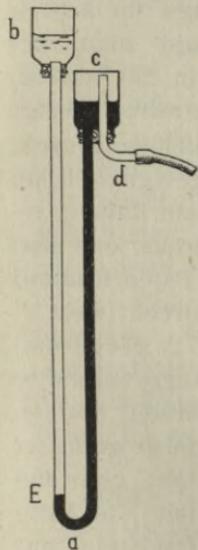


Fig. 429d.

**514††.** Druckmesser von Schreiber. (Z 26, 30; 1913.) Suche ein weithalsiges Einmacheglas und ein etwas kürzeres weites Prüfglas so aus, daß man in den Ringraum bequem zwei Röhren einführen kann (Fig. 429e). Wähle zwei Korke aus, womit man beide Gläser verschließen kann, und befestige die Stopfen gut aneinander. Durchbohre den Doppelkork viermal so, daß zwei Löcher durch beide Korke in das Prüfglas und die andern durch den breiten Kork in

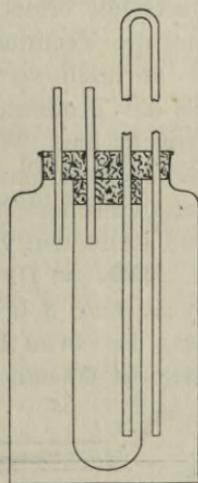


Fig. 429e.

den Ringraum führen. Biege eine möglichst lange Röhre scharf U-förmig um und stecke den einen Schenkel durch beide Korke ins Prüfglas und den andern Schenkel durch den breiten Kork ins Einmacheglas. Die U-Röhre verbindet also beide Gefäße. Stecke durch

die beiden andern Löcher kurze Glasröhren. Färbe Azetessigester mit Höchster Pigmentrot (mit diazotiertem p-Nitranilin, gekuppelt mit  $\beta$ -Naphthol). Gieß in das Prüfglas die zweckmäßige Menge Azetessigester und in das Einmacheglas Kochsalzlösung. Fülle die umgekehrte U-Röhre ganz mit der Kochsalzlösung und setze auf die Mündung des äußern Schenkels einen kleinen Korkhut. Stelle diesen her, indem du aus einer 6 bis 8 mm dicken Korkscheibe mit dem passenden Korkbohrer eine 3 bis 4 mm tiefe Grube herausstichst. Der Hut muß die Röhre straff umschließen und mit Kochsalzlösung ganz durchtränkt sein. Achte bei dem Aufsetzen des Huts darauf, daß keine Luftblase eingeschlossen wird. Ist das doch geschehen, so entferne sie durch den andern Schenkel. Drehe nach dem Bedecken die U-Röhre so weit um, daß du die Prüfröhre über ihren Kork schieben kannst, ohne daß Luft eintritt. Dann stelle die U-Röhre ganz aufrecht und setze den Doppelkork lose auf das Einmacheglas. Darin muß so viel Kochsalzlösung sein, daß der Hut hineintaucht. Verschließe die in das Prüfglas führende kurze Röhre durch einen Gummischlauch mit Quetscher, stoß mit einem dünnen Stabe den Hut von seinem Schenkel ab, ohne daß dieser aus der Kochsalzlösung herausschneit, und drücke nun den Kork fest in den Hals des Einmacheglasses. Da die Dichten beider Flüssigkeiten beinahe gleich sind, müssen ihre freien Oberflächen nahezu in eine Ebene fallen. Das gelingt nicht gleich. Es ist vorteilhaft, wenn anfangs im äußern Gefäß zu wenig Flüssigkeit ist. Dann fließt, sobald man den Quetscher öffnet, Flüssigkeit aus dem innern Gefäß in das äußere, und die Trennungsfäche wandert in der U-Röhre aufwärts. Steigt sie zu hoch, so füllt man mit einer engen Röhre Kochsalzlösung nach, bis die Trennungsfäche bei geöffneten Quetscher die geeignete Höhe erreicht hat. War anfangs zuviel Kochsalzlösung in dem äußern Gefäß, so hebt man mit der engen Röhre den Überfluß heraus, ehe man den Quetscher öffnet. Befestige hinter der U-Röhre einen Papiermaßstab und stelle den Druckmesser so auf, daß die U-Röhre lotrecht steht.

**515. a) Druckmesser von F. C. G. Müller.** (Z 2, 274; 1889.)

Suche eine 3 bis 4 mm weite und mindestens 60 cm lange Glasröhre aus, die beim Hindurchsehen sich als vollkommen gerade erweist. Lege in 60 cm Abstand zwei Stifte von 2 mm Dicke gleich gerichtet

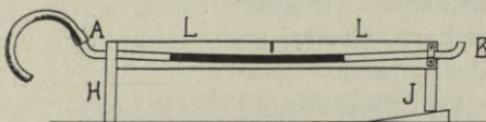


Fig. 429 f.

auf ein ebenes Brett, erweiche über einer Flamme die Mitte der Röhre, lege ihre Enden auf die Stifte und biege sie durch, bis sie das Brett berührt. Biege nun die Enden in der Ebene

der Winkelöffnung nach oben. Befestige die Röhre mit dem Scheitel nach unten in dem einfachen Gestell H J (Fig. 429 f.). Dies besteht aus einem  $\sim 20$  cm breiten und 10 cm hohen Brett H, das unten

U-förmig ausgeschweift ist und so zwei Füße bildet, ferner aus der Leiste L und dem dritten Fuß J, der auf einem Keil ruht (oder mit einer Stellschraube versehen ist). Führe die Röhre bei B lose durch eine Drahtöse und kitte sie bei A mit Siegelack fest in einen Einschnitt des Bretts H. Fülle die Röhre beim Gebrauch zur Hälfte mit Äther, der mit Alkana rot gefärbt ist, und stelle die Vorrichtung mit dem Keil so ein, daß das Ende des Ätherfadens auf die dicht hinter der Biegung angebrachte Marke fällt.

b) Druckmesser von Holtz (Fig. 430). Einen ähnlichen sehr empfindlichen Spannungsmesser hat W. Holtz (Z 3, 66; 1889) angegeben. Mache in zwei Korke  $A_1$  und  $A_2$  von  $\sim 5$  cm Höhe oben je einen genügend breiten Schlitz und lagere darin fest, doch abnehmbar, eine 3 bis 3,5 mm weite Glasröhre B mit kurzen senkrecht nach oben gebogenen Enden derart, daß diese in die Mitte der Schlitzte kommen und noch 8 mm aus den Einschnitten herausragen. Sauge

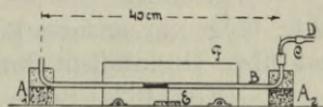


Fig. 430.

in die Röhre eine 1,2 bis 1,8 cm lange Säule Weingeist, der mit Drachenblut gefärbt ist, laß die Flüssigkeit in der Röhre einmal hin- und herlaufen, lege die Röhre dann so in die Korke, daß der Tropfen eine feste Lage einnimmt. Verbinde B durch einen kurzen Kautschukschlauch mit der kleinen Knieröhre C, deren freier Schenkel in eine 1 mm weite Spitze ausgezogen ist.



Fig. 431.

Stecke auf diese einen recht engen Kautschukschlauch D und verbinde den Druckmesser mit dem Gefäß, dessen Innendruck zu messen ist. Bezeichne den augenblicklichen Stand des Tropfens mit einer geschwärzten Nadelspitze E, die durch eine 1 cm dicke Korkscheibe gesteckt ist. Befestige ein Kartonstück F in einem geschlitzten großen Kork oder in zwei Blechfüßen, wie sie Kinder zum Aufstellen von Papierbildern benutzen. Entleere und reinige die Röhre nach dem Gebrauch und verschließe ihre Enden mit Wattepfropfen. Toepler (Wied. Ann. 56, 611; 1895) benutzt eine unter sehr stumpfen Winkel geknickte Glasröhre von  $\sim 3$  mm Weite (Fig. 431), die eine 25 cm lange Säule Petroleum oder Xylol enthält.

**515\*.** Druckmesser von Grimsehl (Z 18, 199; 1905). Verschließe die kleinen weithalsigen Ar-

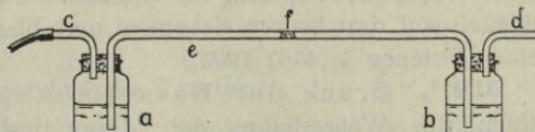


Fig. 431a.

zeneiflaschen a und b (Fig. 431 a) mit doppelt durchbohrten Korken, führe durch je eine Durchbohrung die Knieröhren c und d und verbinde beide Flaschen durch die an den Enden umgebogene enge Glasröhre e, deren wagerechter gerader Teil  $\sim 25$  cm lang ist. Die

Flaschen haben  $\sim 5 \text{ cm}^2$  und die Verbindungsröhre  $\sim 0,1 \text{ cm}^2$  Querschnitt. Fülle die Vorrichtung so weit mit Wasser, daß die Flüssigkeit in den Flaschen etwa in halber Höhe steht und in dem wagerechten Teil eine kleine Luftblase *f* bleibt, die als Zeiger dient. Befestige hinter der Luftblase an der Röhre eine Millimeterteilung. Verbinde die Knieröhre *c* durch einen Gummischlauch mit dem Gefäß, dessen Innendruck zu messen ist.

**516.** Geschlossene Gefäß-Druckmesser sind bei den Versuchen Nr. 434, 440, 441 benutzt worden.

**517.** Jetzt 513\*.

**518.** a) Geschlossene Heber-Druckmesser sind bei den Versuchen Nr. 436, 441, 450, 501, 507 und 508 verwandt worden.

b) Verschließ eine 50 bis 75 cm lange Glasröhre an dem einen Ende, biege ihr anderes Ende U-förmig um, fülle sie mit Quecksilber und führe sie luftdicht durch das eine Loch eines Kautschukstopfens (Fig. 432). Setze den Stopfen, dessen anderes Loch noch offen bleibt, luftdicht auf einen Papinschen Kolben, bringe darin das Wasser zum Sieden, verschließe nun den Stopfen durch einen kurzen Glasstab und kühle den Kolben ab. Zieh bei dem Öffnen des Kolbens zuerst den Glasstab aus dem Kautschukstopfen heraus. (Sl 88.)



**519.** Versieh ein Glasfläschchen (Fig. 433) mit der gebogenen Glasröhre *A* und dem Glasrohr *E*, fülle die Vorrichtung mit Wasser, stelle sie in das Sauggefäß (vgl. S. 201 Nr. 399) und sauge Luft ab. (Fig. 433.)

Das Wasser steigt in das obere Gefäß. Laß wieder Luft in das Sauggefäß strömen. Das Wasser fließt in das untere Gefäß zurück. (K. Antolik, Z 4, 125 Nr. 10.)

**519\*.** Lungenprüfer. Passe in ein Prüfgläschen einen durchbohrten Kork ein. Biege eine Glasröhre U-förmig so um, daß der kurze Schenkel gerade durch den Kork hindurchreicht und der andere Schenkel 20 bis 25 cm lang wird. Fülle das Gläschen zu zwei Drittel mit Wasser, setze den Kork auf und drehe die Vorrichtung um. Das Wasser steigt in den langen Schenkel. Streife einen kurzen Gummischlauch auf den langen Schenkel und blase hinein. (A. C. Norris, School Science 1, 436; 1902.)

**519\*\*.** Druck der Wasserleitung. a) Fülle durch kurzes Öffnen des Wasserhahns den daran fest angeschlossenen Druckschlauch mit Wasser und schieb in seine Mündung eine an dem andern Ende zugeschmolzene, 1 m lange, starkwandige Glasröhre (Barometerröhre). Diese Röhre hat an dem offenen Ende wulstige Verdickungen, so daß man den Schlauch mit ausgeglühtem 1 mm starkem Kupferdraht recht fest darauf binden kann. Befestige lotrecht in einer Gestellklemme die mit Luft von Atmosphärendruck

gefüllte Röhre und stelle einen Maßstab lotrecht daneben. Dann öffne wiederholt auf kurze Zeit den Hahn und bestimme aus dem Raum der Luft in der Meßröhre nach dem Boyle'schen Gesetz den Druck. (Rebenstorff, Z 17, 290; 1904.)

b) Biege eine ~ 25 cm lange und 3 mm weite Glasröhre nahe bei dem einen Ende ohne scharfe Einknickung U-förmig um und schmelze den langen Schenkel zu (Fig. 433a). Erwärme das offene Ende der Röhre, bis sich Siegellack darauf anschmelzen läßt, und schiebe einen durchbohrten Kork darüber, der so dick ist, daß man ihn gerade in den Wasserhahn hineinschieben kann. Bringe zuvor in die Röhre so viel Quecksilber, daß es in beiden Schenkeln einige Zentimeter hoch steht. Gieße über einem flachen Schachteldeckel mit einer kleinen zurecht gefalteten Papierschaukel Quecksilber in kleinen Mengen in die Röhre. Halte die Mündung zu, schüttele und neige die Röhre, laß von Zeit zu Zeit etwas Luft aus dem langen Schenkel entweichen und vereinige so das Quecksilber in der Biegung. Durch Einschieben und durch Hin- und Herbewegen eines dünnen Stahldrahts mit winzigem Siegellackknopf kann man sich die mühevollen Arbeit erleichtern. Setze in den Hahn den Kork ein und halte ihn bei dem Öffnen des Hahns mit den Fingern gehörig fest. Öffne den Hahn wiederholt auf kurze Zeit, beobachte das Ansteigen des Drucks, miß die Länge der Luftsäule und berechne daraus den Druck der Wasserleitung. (R P 2, 53.) Vgl. S. 25 Nr. 38\*.

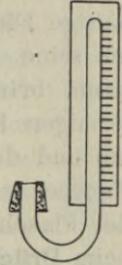


Fig. 433 a.

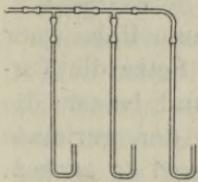


Fig. 434.

#### 520. Druckmessersätze.

a) Saug an einem Druckmesser, der mit Quecksilber gefüllt ist, und bestimme, wieviel Dyne/cm<sup>2</sup> deine Lunge erzeugen kann.

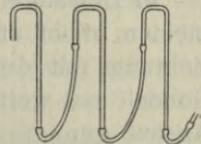


Fig. 435.

b) Schalte erst zwei, dann drei Druckmesser nebeneinander (Fig. 434) und bestimme den Druck, den jeder anzeigt.

c) Schalte die Druckmesser hintereinander (Fig. 435) und bestimme den Druck, den deine Lunge in jedem erzeugt. (W A 33 Nr. 21, 40 Nr. 34.)

#### 4. Kartesianische Taucher.

521. Füllung der im Handel vorkommenden Taucher. Fülle ihn so weit mit Wasser, dem etwas Alkohol oder Salizyl zugesetzt ist, daß er eben noch schwimmt, d. h. daß beim Schwimmen nur noch ein kleiner Teil davon aus dem Wasser herausragt. Erwärme dabei vorsichtig über der Weingeistlampe ein wenig den Taucher und senke ihn dann in Wasser. Ist nicht genug Wasser hineingedrungen, so wiederhole das Verfahren, doch halte nun den Taucher beim Er-

wärmen so, daß die Mündung des Schweißs oder des Röhrchens über dem Wasser im Innern liegt. Ist aber der Taucher zu schwer geworden, so sauge wieder etwas Wasser heraus. (W V 179.) — H. Emsmann (Z F 2, 55; 1885) verwarf das Erwärmen des Tauchers; er setzte ihn in eine fast ganz mit Wasser gefüllte Flasche und sog dann an dieser. Am bequemsten füllt man nach Weinhold (W V 179, W D 193) den Taucher folgendermaßen: Fülle mit Wasser eine weithalsige Flasche, die so eng ist, daß sich der Taucher zwar bequem um seine lotrechte, doch nicht um eine wagerechte Achse drehen kann, bringe den leeren Taucher hinein und setze einen kegelförmigen Kautschukstopfen in den Flaschenhals. Stürze das Ganze um und drücke kurze Zeit mäßig stark auf den Pfropfen. Aus dem Taucher entweicht etwas Luft. Wiederhole bei umgekehrter Stellung der Flasche das Drücken und Entlasten so lange, bis der Taucher beim Drücken hinabsinkt, und kehre nun die Flasche um, ohne mit dem Druck nachzulassen. Ist in den Taucher zu viel Wasser eingedrungen, so entferne es durch Saugen.

**522.** Herstellung von Tauchern. a) Fülle so viel Wasser in eine weithalsige Arzneiflasche ( $30 \text{ cm}^3$ ), daß sie umgekehrt in einem Gefäß mit Wasser schwimmt und ihr Boden dabei den Wasserspiegel gerade berührt. Schiebe nun ein Blatt Papier unter die Mündung der kleinen Flasche und übertrage sie in die Versuchsflasche. Wer eine geübte und ruhige Hand hat, kann auch ohne Benutzung von Papier den Taucher übertragen.

b) Befestige mit drei Fäden oder Drähten an dem Hals einer kleinen, nicht zu schweren Flasche einen Fingerhut. Setze die Vorrichtung mit der Mündung nach unten ins Wasser und belaste die Gondel so weit mit Schrotkörnern oder Sand, daß der geringste Anstoß genügt, das Fläschchen unter den Wasserspiegel zu senken.

c) Verschließ das eine Ende eines Glasröhrchens, zieh das andere Ende aus, stecke das Röhrchen durch einen Kork und feile so viel davon ab, daß das zugeschmolzene Ende aus dem Wasserspiegel nur ein wenig herausragt (Fig. 436). Biegt man die Spitze ein wenig seitwärts, so dreht sich der Taucher beim Steigen und Sinken.

c\*) Verschließ das eine Ende einer 1 cm weiten Glasröhre, deren Wand 1 mm stark ist, und zieh das andere Ende aus (Fig. 436a). Der fertige Schwimmer soll 8 cm lang sein. Senke den Taucher in Wasser und gieß durch einen Haartrichter Wasser behutsam in die Röhre, bis sie fast ganz eintaucht. Lege den Taucher auf Wasser. Er richtet sich auf und schwimmt nach eben. Ist er zu leicht oder zu schwer, so fülle freihändig noch einen Tropfen Wasser hinein oder schwenke ihn heraus. Man kann so die Empfindlichkeit regeln und außer dem stabilen

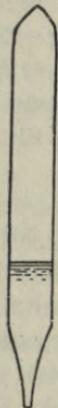
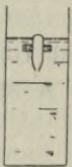
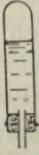


Fig. 436a.

Taucher auch einen labilen und einen indifferenten herstellen, ebenso einen untersinkenden, der bei Druckverminderung emporsteigt. (M T 105.)

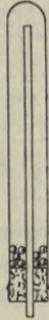
d) Befestige mit einem Kork ein kurzes Glasröhrchen in dem Hals eines kurzen Prüfgläschens (Fig. 437) und fülle so viel gefärbtes Wasser hinein, daß die Kuppe des Tauchers aus dem Wasserspiegel eben herausragt.



d\*) Stelle aus einem Prüfglas, einer Glasröhre, einem Kork und Schrot den in Fig. 437a abgebildeten Schwimmer her und gleiche ihn so ab, daß noch  $\sim 1$  cm aus dem Wasser herausragt. (B L U 55.)

Fig. 437.

e) Blase an eine etwas starkwandige,  $\sim 6$  mm dicke Glasröhre eine Glaskugel von 3 bis 4 cm Durchmesser, schneide die Röhre in  $\sim 4$  cm Abstand von der Kugel ab, wickle um die Röhre etwas Bleidraht, kitte ihn mit Picein an und fülle in die Kugel so viel Wasser, daß beim Schwimmen nur eine kleine Kuppe der Kugel aus dem Wasser herausragt. (R 1, 136.)



f) Fülle über die Hälfte mit Wasser eine kleine Prüfröhre oder Arzneiflasche, so daß sie aufrecht schwimmt, und tröpfele dann mit dem nassen Zeigefinger vorsichtig Wasser hinein, bis nur noch der Rand aus der Wasserfläche herausragt. Hebe das Gläschen heraus, verschließe es mit dem Daumen, kehre es um und tauche es mit der Mündung in eine ganz volle weithalsige Flasche. Ist der Taucher richtig gefüllt, so ragt er nur ganz wenig aus dem Wasser heraus. — Rosenberg (R 2, 60) füllt in das Gläschen erst eine zwei bis drei Finger hohe Schicht Erdöl, das mit Alkana rot gefärbt ist, und darauf Wasser. — Es ist zu empfehlen, mit Siegellack (Picein) außen auf dem Boden ein leichtes Drahthäkchen zu befestigen, um den Taucher, falls er zu wenig Luft enthält, mit einem unten kurz umgebogenen Draht schnell wieder emporziehen zu können. (H. Rebenstorff, Z 11, 213; 1898.) Man kann Taucher, die auf dem Boden eines Wassergefäßes liegen, auch mit einer Glocke heraufholen. Setze mit einem Kork in eine weite Röhre A (Fig. 438) eine enge Röhre B ein. Verschließe B oben mit dem Finger, stülpe A über den versunkenen Taucher und hebe die Glocke bis zum Wasserspiegel empor. (Rebenstorff, Z 13, 252; 1900.)

g) Tauchröhrchen. Schneide von einer 2 bis 3 mm dicken Bleiplatte einen schmalen Streifen ab, winde ihn schraubenförmig um ein Prüfröhrchen und schiebe ihn an den untern Teil des Gläschens. Die Bleibeswerung soll so groß sein, daß das aufrecht schwimmende Gläschen nur mit dem fünften bis dritten Teil seiner Länge aus dem Wasser herausragt. Tröpfele vorsichtig so viel Wasser in das Röhrchen, daß nur noch der Rand aus dem Wasser herausragt. Zieh das Gläschen empor, verschließe es mit dem Daumen, ohne mit den Fingern den

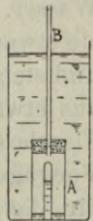


Fig. 438.

Luftraum zu erwärmen, kehre es um und drücke die Mündung ins Wasser. Schiebe den Bleiring R (Fig. 439) bis zu dem Rande des Gläschens hinunter. Nach dem Loslassen soll jetzt nur etwa die Hälfte des Bodens aus dem Wasser herausragen. Zieh das Gläschen lotrecht

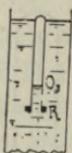


Fig. 439.

so weit empor, daß das Wasser innen und außen gleich hoch steht, und bezeichne schnell den Stand durch Anlegen des Daumens, mit einem Schreibdiamanten oder mit einem Fettstift. Mache  $\sim 3$  mm unterhalb der angemarkten Stelle nach der Mündung des Gläschens zu mit einer Stichflamme und durch Abziehen der erweichten Stelle oder einfacher mit der Feile eine kleine Öffnung O. Senkt man ein so vorgerichtetes Gläschen ruhig in Wasser, so erhält es die richtige Taucherfüllung.

Diese Taucher von Rebenstorff kann man je nach der Art des Einsenkens mit einer größern oder kleinern Luftmenge füllen. Halte den Taucher einige Zentimeter über den Spiegel und laß ihn ins Wasser fallen oder senke ihn so schnell hinein, wie eine Feder in die Tinte. Bei wagerechter Sehrichtung soll das Wasser im Taucher etwas höher stehen als der obere Rand der Öffnung O. Steht die Flüssigkeit tiefer, so tupfe einmal mit dem Finger auf das schwimmende Gläschen. Es gibt den Luftüberschuß kräftig ab. Bei dieser für viele Versuche geeigneten Füllung ist ein Wasserdruck von  $\sim 50$  bis  $70$  cm erforderlich, den Taucher zu versenken. Soll der Taucher eine geringere Luftfüllung erhalten, so fasse ihn mit den Fingern und bewege ihn einigemal heftig abwärts oder senke ihn schräg, die seitliche Öffnung nach oben gekehrt, ins Wasser. (H. Rebenstorff, Z 13, 249; 1900.)

**523.** Winde Bleidraht um den Hals einer Kochflasche und mache sie dadurch so schwer, daß sie beinah untersinkt. Tauche sie, mit der Mündung nach unten gekehrt, in ein  $\sim 50$  cm tiefes Wassergefäß. Lege auf den flachen Boden der Flasche so viel kleine Gewichte, daß die Flasche in der Mitte des Behälters gerade so schwer ist, wie das Wasser. Sie ist dann an dieser Stelle in unsicherm Gleichgewicht. Sobald sie etwas steigt, dehnt sich die Luft darin aus; die Flasche wird leichter und steigt ganz empor. Wenn sie dagegen von jener mittlern Stellung aus etwas sinkt, wird die Luft stärker zusammengedrückt, und die Flasche sinkt ganz unter. (H. v. Helmholtz, Wirbelstürme und Gewitter, Vorträge und Reden 2, 125. Er benutzte diese Vorrichtung als Bild für die zweisinnige Art des Gleichgewichts zwischen nebliger und trockner Luft.)

**524.** Wickle so viel dicken Bleidraht um den Hals einer 4 cm weiten und 8 cm hohen Arzneiflasche, daß sie nur eben noch schwimmt, wenn man sie mit dem Hals nach unten in ein großes Einmacheglas oder auch in eine Wasserkanne setzt. Stoße mit dem Finger den Taucher abwärts. Er sinkt zu Boden und bleibt unten. Ziehe ihn

mit einem Drahtaken oder mit Rebenstorffs Glocke (vgl. S. 277 Nr. 522f.) wieder an die Oberfläche. Er schwimmt wieder usw. (W V 180.)

**525.** Druckerzeugung. a) Fülle eine weithalsige Flasche bis ~ 5 cm vom Rande mit Wasser, setze den Taucher hinein und binde über die Mündung der Flasche luftdicht und straff eine feuchte Tierblase und darüber ein Tuch. Im Notfall verschließt man die Flasche mit nassem dickem Pergamentpapier, mit der Handfläche oder mit dem Daumen. Man kann auch über die Mündung der Flasche eine Kautschukhaut spannen, darauf eine Korkscheibe legen und darüber ein Stück Leinwand oder dgl. binden. Drücke mit der Hand kräftig auf den Verschuß der Flasche. Der Taucher sinkt. Höre auf zu drücken. Er steigt wieder empor. Bleibt er unten liegen, so versuche, ihn durch kräftiges Aufstoßen der Flasche emporzuschellen.

b) Schwalbe (Z F 3, 2; 1886) verschloß die Flasche mit einem durchbohrten Kautschukstopfen und steckte durch dessen Loch einen kurzen Glasstab. Ein leiser Druck darauf (er kann auch durch ein aufgelegtes Brettchen mit Gewichten ausgeübt werden) bringt den Taucher zum Sinken. Selbst mit dem Munde kann man den Druck ändern. Dreht man einen undurchbohrten kegelförmigen Kork oder Kautschukstopfen erst fest ein und lüftet ihn dann wieder, so sinkt und steigt der Taucher. Man kann dabei die Flasche auf den Stopfen stellen.

b\*) Verschließe das eine Ende eines 5,5 cm langen und 0,7 cm weiten Röhrchens und fülle es (oder geeigneter eine abgesprengte große Thermometerkugel) so weit mit Wasser, daß nach dem Einsetzen des Tauchers in ein mit Wasser gefülltes hohes Standglas die Mündung nur 1 mm weit über den Flüssigkeitsspiegel emporragt. Verschließe mit einem gut passenden Gummistopfen das Standglas und drehe es rasch um. Drücke mäßig auf den nun nach unten gekehrten Stopfen. Der Taucher sinkt. (Meutzner, Z 23, 173; 1910.)

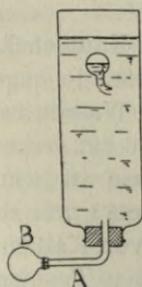


Fig. 440.

c) Setze in eine weithalsige Flasche mit einem Kork eine weite Glasröhre A (Fig. 440) ein, woran der dickwandige Kautschukball B befestigt ist. Fülle die Flasche mit Wasser, setze den Taucher hinein und kehre das Gefäß um. Drücke den Ball zusammen. (K. Antolik, Z 4, 124 Nr. 8; 1891.) Man kann an

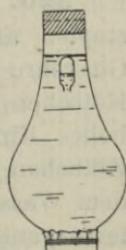


Fig. 441.

A auch einen Gummischlauch mit Gummibirne anstecken, wie sie die Lichtbildner bei Blitzverschlüssen verwenden.

d) Verschließe ein Lampenglas (Fig. 441) an dem einen Ende mit einer Kautschukhaut und an dem andern Ende mit einem Kautschukstopfen, fülle Wasser in das Gefäß und setze einen kleinen Taucher

hinein. Drücke schwach auf die Haut oder den Stopfen. Der Taucher sinkt. Höre auf zu drücken. Er steigt wieder empor. (W 36 Nr. 34.)

e) Fülle die recht hohe weithalsige Flasche (Fig. 442) ganz mit Wasser, bringe einen Rebenstorffschen Taucher (vgl. S. 277 Nr. 522 g.) hinein, setze den gut schließenden Kork oder Gummistopfen auf, verbinde durch eine kurze U-Röhre und durch einen langen Schlauch das Gefäß mit der langen einige Millimeter weiten Glasröhre S und laß aus dieser den Wasserüberschuß herausfließen. Drücke den Schlauch kurze Zeit zusammen, treibe so noch etwas Wasser heraus und prüfe, ob bei dem Emporheben der Druckröhre S der Taucher sinkt. Hebe und senke S und suche in der Druckröhre die Wasserstände O und U, bei denen der Taucher aus seinen Grenzstellungen sinkt oder steigt. Bewege die Röhre S vorsichtig auf- und abwärts und versuche, den unsicher schwimmenden Taucher in der Mitte der Flasche zu halten.

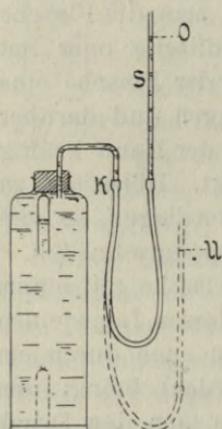


Fig. 442.

f) Vertausche die Druckröhre mit einer engeren. Der Taucher sinkt und steigt um so langsamer, je enger die Röhre S ist.

g) Setze, bei einer der Grenzstellungen der Druckröhre, bei K auf den Schlauch einen Quetschhahn, verschließe damit die Röhre, die durch den Stopfen geht, und ändere durch eine mehr drehende als schiebende Bewegung dieser Röhre den Luftraum im Taucher nur ganz wenig. Der Taucher sinkt nun mit einer Geschwindigkeit von nur  $\sim 10$  cm/min. Unter dem Stopfen darf keine Luftblase sitzen. — (H. Rebenstorff, Z 11, 214; 1898.)

**526.** Verschließe ein Stehkölbchen ( $50 \text{ cm}^3$ ) mit einem Kautschukstopfen und schiebe durch dessen Loch eine gut schließende enge Glasröhre in das Kölbchen hinein. Fülle  $\sim 5 \text{ cm}^3$  reines Wasser ins Kölbchen, setze es mit dem Stopfen nach unten in ein  $\sim 6$  cm weites hohes Einmacheglas voll Wasser. Regle die Wassermasse in dem Kölbchen so, daß der Schwimmer sehr empfindlich wird. Setze nun zu dem Wasser des Kölbchens einige Tropfen einer Lösung von Kaliumferrozyanid und zu dem Wasser des Einmacheglasses ein paar Tropfen Ferrichlorid. Drücke auf den Verschuß der Flasche und bringe den Taucher zum Sinken. Sofort tritt in dem Kölbchen eine tiefblaue Färbung ein und dringt beim Emporsteigen schlierenartig von der Mündung der Röhre aus in das Wasser des Einmacheglasses. (Schwalbe, Z F 3, 2; 1886.)

**527.** Heben versunkener Schiffe. Fülle eine kleine weithalsige Flasche (Fig. 443) mit Wasser und versenke sie mit der Mün-

dung nach unten in einem Einmacheglas voll Wasser. Führe in die Mündung der versunkenen Flasche das umgebogene Ende einer Glasröhre ein und blase Luft in das Fläschchen. Es steigt empor.

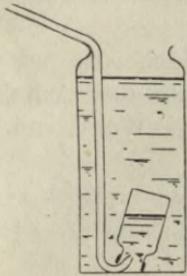


Fig. 443.

**528. a)** Fülle eine weithalsige Flasche (oder ein Lampenglas, dessen untere Öffnung fest zugedreht ist) mit Wasser und setze einen Taucher hinein (Fig. 444). Verschließe die Flasche mit einem durchbohrten Kork oder Kautschukstopfen, wodurch eine rechtwinklig gebogene Glasröhre gesteckt ist, und schiebe auf diese einen dickwandigen Kautschukschlauch mit aufgesetztem Quetschhahn.

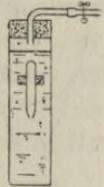


Fig. 444.

Blase in den Schlauch. Der Taucher sinkt. Höre auf zu blasen. Er steigt wieder empor. Setze einen andern Taucher ein, der so belastet ist, daß er auf dem Boden liegen bleibt. Saug die Luft ab. Der Taucher steigt empor. Laß so viel Luft einströmen, daß der Taucher gerade zu sinken beginnt. Er sinkt jetzt geschwinder wie vorher. (J. Holden, P P 1, 121; 1888.)

**b)** Fülle eine Prüfröhre fast ganz mit Wasser und kehre sie in einem Standglas (oder in einer Flasche) um, das fast ganz mit Wasser gefüllt ist. Das Gläschen, in dessen Kuppe eine Luftblase ist, sinkt zu Boden (S. 200 Fig. 289). Verbinde einen Papinschen Kolben mit dem Standglas und verdünne die Luft darin. Das Gläschen steigt plötzlich an die Oberfläche des Wassers. Laß wieder Luft zuströmen. Das Gläschen füllt sich von neuem mit Wasser und sinkt unter. (Sl 94.) Führe den Versuch mit Rebenstorffs Lochtaucher aus. (Rebenstorff, Z 21, 382; 1908.)

**c)** Blase an eine Glasröhre eine Kugel von  $\sim 2$  cm Durchmesser, ziehe die Röhre nahe bei der Kugel zu einer Spitze aus und schneide den Rest der Röhre mit der Feile ab (Fig. 445). Überzieh mit Siegelackfirnis den Hals des kleinen Kolbens oder kitte mit Siegelack ein Stückchen farbiges Glas daran fest. Man kann auch beide Teile zuvor erwärmen und dann mit Picein miteinander verbinden. Setze den Taucher in das fast ganz mit Wasser gefüllte Sauggefäß (vgl. S. 201 Nr. 399), verbinde dieses mit dem Papinschen Kolben und verdünne die Luft.



Fig. 445.

Zahlreiche Bläschen entweichen aus dem Hals des Tauchers. Laß wieder Luft eintreten. Der Taucher sinkt. (K. Rosenberg, P B 6, 262; 1901. R 1, 154.)

**529.** Tauchende Walnuß (Fig. 446). Entferne aus einer Walnuß W den Kern und kitte mit Siegelack beide Schalenhälften aneinander, laß aber unten am Nabel eine kleine Öffnung frei. Kitte zugleich zwei Zwirnfäden an, worauf drei Korkscheiben aufgezogen

sind und woran unten eine kleine Bleikugel befestigt ist. Beschneide die Korkscheiben so, daß der Taucher noch eben schwimmt. Das Wasser tritt unten durch die feine Öffnung ein. (B Sch 51 Nr. 118.)

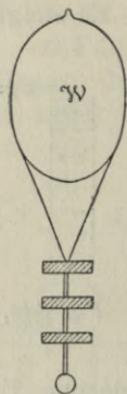


Fig. 446.

**530.** Der gelehrige Fisch. a) Mache in jedes Ende eines rohen Eies ein Loch und blase den Inhalt heraus. Verschließe die eine Öffnung mit Wachs und zeichne mit einem Bleistift auf die Schale zwei große Augen, wie es Fig. 447 zeigt. Verfertige einen kleinen Sack aus zwei roten Flanellstücken und nähe sie längs der in der Figur punktierten Linie zusammen. Beschwere mit einigen Schrotkörnern den Sack, stecke die Hälfte des Eies so hinein, daß das offene Loch der Schale innen liegt, und befestige mit rotem Siegellack den Rand des



Fig. 447.

Sacks an der Schale. Setze den Fisch in ein Einmacheglas voll Wasser und binde über die Mündung eine Kautschukhaut oder eine feuchte Schweinsblase. Die Belastung des Fisches muß man so abpassen, daß der Taucher auf der Oberfläche des Wassers schwimmt, bei dem schwächsten Stoß mit der Hand aber zu Boden sinkt. Drücke mit der Hand schwach auf die Blase. Der Fisch sinkt. Hört der Druck auf, so steigt er wieder empor. (T T 1, 55.)

b) Verschließe mit Siegellack die Enden eines 4 bis 5 cm langen Federkiels (z. B. eines Zahnstochers) und bohre mit einer heißen Nadel ein ganz kleines Loch in den einen Verschuß (Fig. 448). Befestige an diesem Ende als Belastung einen aus Blattsinn (Flaschenkapsel) gefertigten Fisch und tauche das Ganze in eine Flasche, die mit Wasser ganz gefüllt ist. Ein schwacher Druck auf den Kork versenkt den Fisch; nach dem Aufhören des Drucks steigt er wieder empor. (T T 2, 35.)



Fig. 448.

**531.** Selbsttätiger Taucher (Fig. 449).

Durchbohre den Boden einer kleinen runden Pappschachtel A an einigen Stellen und schneide aus der Mitte des Deckels ein rundes Loch. Setze in diese Öffnung eine Doppelklappe ein, die aus einer dicken Pappscheibe B und einem Korkstück C

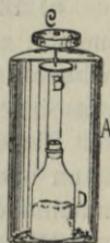


Fig. 449.

(Pipfen eines Senfglases) zusammengesetzt ist.

Verbinde beide Scheiben durch einen Stab (eine Nadel, einen Eisendraht usw.), wie es die Figur zeigt. Beide Scheiben stehen eine Fingerbreite voneinander ab. Belaste mit Nägeln den Boden der Schachtel und stelle eine kleine Flasche D darauf, die gut gemischtes Brausepulver (Natriumbikarbonat und Weinsäure) enthält. Verschließe die Flasche mit einem weit durchbohrten Kork. Setze den Deckel auf die Schachtel und bringe sie in ein großes Einmacheglas voll

Wasser. Das Wasser dringt durch die Bodenlöcher ein, und die Schachtel sinkt unter. Sobald das Wasser in die kleine Flasche fließt, entwickelt sich lebhaft Kohlendioxyd, und das Gas verdrängt das Wasser aus der Büchse. Das Gas drückt die Pappscheibe B gegen den Deckel, der Stab hebt den Kork C in die Höhe, und die Schachtel steigt empor. Sobald das Wasser den Kork C nicht mehr trägt, sinkt er. Der Stab drückt die Pappscheibe B abwärts, öffnet das Loch im Deckel, und das Gas entweicht. Abermals dringt Wasser in die Schachtel, und sie taucht wieder unter. Das Spiel beginnt von neuem und wiederholt sich etwa fünfzigmal. (T T 2, 33.)

### 5. Tiefenmesser.

**531\*.** a) Beschwere ein Prüfläschen an der Mündung durch einen Bleiring, siegle auf der Kuppe einen Faden an und färbe die Innenwand mit Silberchromat rot. Senke diesen Tiefenmesser in einen hohen Behälter voll Wasser, dem etwas Kochsalz zugesetzt worden ist. Das eindringende Wasser färbt die Wand weißgelb. (Thomson.)

b) Bestimme den Raum ( $v \text{ cm}^3$ ) eines weithalsigen, dickwandigen Gläschens (Leimfläschchens). Wickle eine Bleiplatte herum und siegle sie fest. Spanne über die Mündung feinen Mull und befestige an dem Hals einen Bindfaden (Fig. 449a). Tauche die Mündung kurze Zeit in Wasser. In den Maschen bilden sich Wasserhäutchen. Senke das Fläschchen mit dem Faden langsam in ein  $\sim 1 \text{ m}$  hohes Blumenglas voll Wasser. Hebe den Tiefenmesser langsam heraus, öffne einige Maschen durch Blasen, kippe das Gefäß nur so weit wie nötig und gieß das eingedrungene Wasser in ein kleines Meßglas. Sind  $v \text{ cm}^3$  Wasser in den Tiefenmesser eingedrungen und ist die Raumverminderung durch den Druck  $d = (v - v') [\text{cm}^3]$  und der Barometerstand  $b \text{ cm}$  Wasser, so erhält man als Wassertiefe  $b d \text{ cm}/(v - d)$ . (Rebenstorff, Z 21, 107; 1908.)



Fig. 449a.

### 6. Druckübertragung durch Gase.

Viele Versuche, die die Druckübertragung durch Flüssigkeiten erläutern, lassen sich leicht so umgestalten, daß man damit die Druckübertragung durch Gase nachweisen kann, z. B. Nr. 31, 32, 34, 35 und 37. Auch viele frühern Versuche über Gase kann man bei der Behandlung dieses Gebiets wiederholen und vollständiger erklären, wie Nr. 439—441, 468, 475, 478, 484—488, 490, 494, 497, 498, 501 und 512—520. Den Druck erzeuge man mit dem Munde, einem Kautschukball, einer Verdichtungspumpe oder einer Wassersäule. Zum Nachweis des Drucks benutze man Druckmesser (vgl. S. 268 Nr. 512—518) oder die Bewegungen von Flammen, Tabakrauch, Salmiaknebel oder Tauchern. Über die Bedenken, gegen die Verwendung der Druckmesser vgl. S. 22 Nr. 34c, M T 96 und V A 105 und 121. Man Sorge

für luftdichte Verschlüsse und binde mit Bindfaden oder Kupferdraht die Stopfen fest an die Gefäße, worin man Luft stark zusammendrückt.

**532.** Verbinde eine enge Glasröhre mit einer Spritze oder einem Kautschukball. Saug in die Glasröhre eine kurze Säule Quecksilber oder gefärbtes Wasser. Vermehre oder vermindere mit der Spritze oder dem Ball den Druck und beobachte die Bewegungen des Flüssigkeitstropfens.

**533. a)** Blase mit dem Mund eine Papiertüte auf und verschließe sie schnell durch Zusammendrücken und Zusammendrehen der Mündung. Schlage den aufgeblasenen Beutel gegen die andere Hand oder gegen einen festen Gegenstand. Der Sack zerplatzt mit lautem Knall.

**b)** Lege eine lange, schmale Tüte aus starkem Papier so auf den Tisch, daß die Mündung über den Rand vorragt, beschwere den Sack wie in Fig. 450 mit dicken Büchern und blase in den Beutel. Die Bücher werden umgeworfen. (T T 1, 83.)

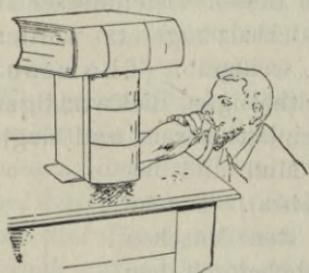


Fig. 450.

**c)** Befestige an dem Heißwasserbeutel (S. 24 Nr. 37b) einen langen Kautschukschlauch. Lege Gewichte von 25 bis 50 kg\* auf den Beutel und blase in den Schlauch. Ist der Beutel groß genug, so



Fig. 451.

kann man sich darauf setzen und sich mit dem eigenen Atem emporheben. Zu dem Heben eines großen Wörterbuchs oder selbst eines Stoßes solcher Bücher genügt eine Tüte aus starkem Papier, doch ist es schwierig, den Beutel mit dem Schlauch luftdicht zu verbinden. Man kann die Mündung der Tüte an dem obern Ende von Baileys Gefäß luftdicht befestigen (Fig. 451) und daran den Schlauch ansetzen. (B J 85 aux 15.)

**d)** Benutze die Vorrichtungen Nr. 37c und d (S. 24) ohne Wasserfüllung, blase in den Schlauch und hebe so Belastungen von 2 bis 2,5 kg\*. (W 37 Nr. 37. B J 28 Nr. 30.) Statt dieser Vorrichtung kann man auch ein Lampenglas verwenden. Über die eine Öffnung spannt man eine Kautschukhaut und in das andere Ende setzt man mit einem Kautschukstopfen eine kurze rechtwinklig gebogene Glasröhre. Diese verbindet man mit einem Schlauch und legt auf die Haut ein Buch und darauf Gewichte. Bläst man in den Schlauch, oder läßt man aus einem hochstehenden Gefäß Wasser hineinfließen, so werden Buch und Gewichte gehoben. (W 63 Nr. 94.)

**e)** Versieh eine große Woulffsche Flasche mit einer Trichterröhre, die fast bis auf den Boden reicht (Fig. 451a). Bringe dann noch eine Ausflußröhre an. Befestige daran einen Gummischlauch und verbinde

dadurch die Flasche mit einem Gummisack ( $\sim 1$  l), der an jeder Seite eine tiefe Längsfalte hat. Lege auf den Tisch den fast ganz von Luft entleerten Sack und bedecke ihn so mit einem 40 bis 50 cm langen Brettchen, daß nur der eine Brettrand den Sack und der gegenüberliegende den Tisch berührt. Stelle auf das Holz ein

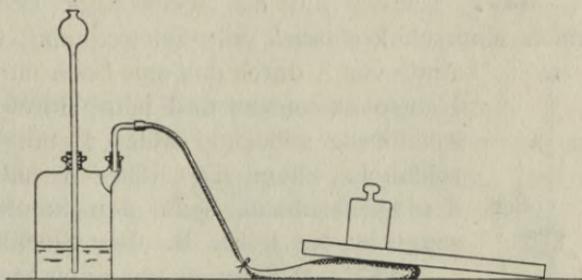


Fig. 451a.

Kilogrammgewichtstück oder ein mit einem Liter Wasser gefülltes

Gefäß. Stelle das Gewichtstück so, daß sein Schwerpunkt senkrecht über der Mitte des Sacks liegt. Gieß durch die Trichterröhre gefärbtes Wasser in die Flasche. Sobald das untere Ende der Röhre durch das hineingegossene Wasser verschlossen worden ist, schwillt der Sack an und hebt Brett und Gewicht empör. (Kemna, Z 24, 221; 1911.)

**534. a)** Verbinde einen langen Kautschukschlauch mit einer seitlichen Öffnung in Baileys Gefäß. Befeuchte den Stopfen und setze ihn nicht ganz fest auf. Blase kräftig in den Schlauch. (B J 50 Nr. 76.)

**b)** Befeuchte den Stopfen, setze ihn fest in die Mündung von Baileys Gefäß und pumpe mit dem Kautschukball eines Zerstäubers Luft in den Behälter, bis der Stopfen herausfliegt. Er wird zuweilen bis zur Decke emporgeschleudert. Beobachte die Nebelwolke, die sich häufig nach dem Herausschleudern im Gefäß bildet. (B J 89 aux 20.)

**535.** Vgl. S. 294 Nr. 554—577.

## 7. Stechheber.

**536. a)** Zieh an einem Ende eine Glasröhre aus, tauche sie (oder auch ein Schilfrohr oder einen Grashalm) mit der Spitze voran ganz in Wasser, verschließe das weitere Ende mit dem Zeigefinger und hebe die Röhre aus dem Wasser. Lüfte den Finger ein wenig und drücke ihn schnell wieder auf die Mündung. Wiederhole dies, bis das Wasser fast ganz aus der Röhre getropft ist. Wiederhole den Versuch mit Röhren, die weiter und nicht ausgezogen sind.

**b)** Sauge in die Röhre, die an einem Ende ausgezogen ist, verschiedene Flüssigkeiten ein, verschließe das weite Ende, woran du gesogen hast, schnell mit dem Zeigefinger und hebe die Röhre aus der Flüssigkeit. Lüfte den Finger, laß etwas Flüssigkeit austreten und hemme dann durch Wiederauflegen des Fingers das weitere Ausfließen. Halte die Röhre wagerecht. Die Flüssigkeit bewegt sich etwas nach dem geschlossenen Ende zu. Halte die Röhre wieder lotrecht mit dem offenen Ende erst nach oben, dann nach unten. Die

Flüssigkeit bewegt sich wieder etwas abwärts. Benutze als Flüssigkeiten auch Quecksilber, Glycerin und Äther.

**537.** Schiebe auf das weite Ende der Glasröhre A (Fig. 452) einen Kautschukschlauch mit Quetschhahn, stecke das ausgezogene Ende von A durch das eine Loch eines doppelt durchbohrten Kautschukstopfens und führe durch sein anderes Loch eine knieförmig gebogene Röhre B mit angesetztem Kautschukschlauch. Saug die Röhre A halb voll Wasser, schließe den Quetschhahn, setze den Stopfen in die Flasche und sauge an der Röhre B. Der Stechheber fließt aus.

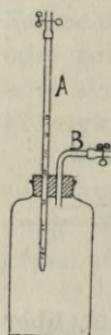


Fig. 452.

**537\*.** a) Sprengte von einer kleinen Flasche den Boden gut ab und binde über die Öffnung Mullgewebe. Setze in den Hals der Flasche einen Kork fest ein und versieh ihn mit einer Röhre.

b) Binde über die weite Mündung einer geraden Chlorkalziumröhre Mullgewebe und schneide seinen hervorragenden Rand ab (Fig. 452a). Fülle die Röhre durch Einsenken in die Flüssigkeit, verschließe die enge Mündung mit dem Zeigefinger und hebe die Röhre aus der Flüssigkeit. Sie fließt aus, sobald man den Finger lüftet. (R P 1, 74.)

c) Binde über die weite Mündung einer geraden Chlorkalziumröhre Mullgewebe und über das gekürzte enge Ende mit dünnem Draht einen kräftig saugenden kleinen Gummiball, der einen kurzen Schlauchansatz hat (Fig. 452b). (Rebenstorff, Chemiker-Zeitung 1909 S. 306 u. Z 23, 178; 1910.)

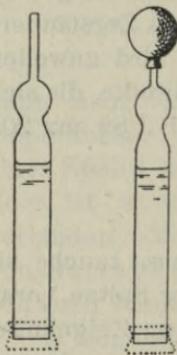


Fig. 452a. Fig. 452b.

d) Verbinde durch einen Schlauch zwei Chlorkalziumröhren der unter (b) beschriebenen Art (Fig. 452c). Senke die Röhren in Wasser, fülle beide damit und ziehe sie empor. Hebe sie nicht ganz aus dem Wasser. Es steht in beiden Röhren gleich hoch.

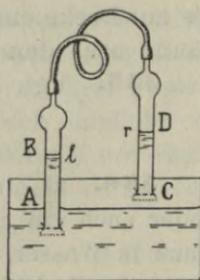


Fig. 452c.

e) Fülle beide Röhren ungleich hoch mit Wasser und hebe sie heraus. Tauche die mehr gefüllte Röhre l wieder ins Wasser. Dann fließt aus der andern Röhre r erst Wasser, wenn die Wassersäule AB kleiner ist als die Wassersäule CD. Senke die weniger gefüllte Röhre r ein. Sie saugt Wasser ein und aus der Röhre l fließt Wasser aus, bis beide Röhren gleich gefüllt sind. — Will man die Röhren hoch mit Wasser füllen, so lüfte man beim Einsenken den Schlauch kurze Zeit.

f) Fülle die Röhren nicht so ungleich, daß Luft eintritt. Dann ist bei dem Herausnehmen der Röhren die Summe der Wassermengen stets gleich groß.

g) Fülle die Röhren nicht ganz mit Wasser und halte sie unter verschiedenen Neigungswinkeln mit den Mündungen aneinander. Aus der steilern Röhre fließt Wasser aus, bis die Wasserstände gleich geworden sind. — (Rebenstorff, Z 19, 161; 1906.)

### 8. Bestimmung der Dichten von Flüssigkeiten nach James Watt.

**538.** Biege aus Glas ein T-Rohr wie in Fig. 453, verbinde es durch Kautschukschläuche mit zwei  $\sim 30$  cm langen Röhren, die in zwei Prüfröhrchen tauchen. Befestige das T-Rohr mit Draht fest an einem aufrechten Brett, das auf einem Grundbrett sitzt. Bringe auf dem aufrechten Brett zwischen den Glasröhren eine Teilung an. Die Schlauchverbindungen ermöglichen, die untern Enden der Glasröhren auswärts zu biegen, so daß man die Prüfröhrchen nach Belieben auswechseln kann. Diese enthalten die Flüssigkeiten, deren Dichten zu vergleichen sind. Verbinde das Mundstück, eine kurze Glasröhre, durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem T-Rohr. Saug mit dem Munde die Luft aus und drücke bei dem Messen der Höhen der Flüssigkeitsäulen mit den Fingern den Kautschukschlauch am Mundstück zusammen. (W 43 Nr. 47.) Ich selbst verwende 1 m lange und 0,8 bis 1 cm weite Röhren, biege den mittlern Arm des T-Stücks in schwacher Krümmung nach vorn und binde seinen Schlauch zu oder verschließe ihn mit einem guten Quetschhahn. Als Flüssigkeiten verwende man Wasser, Milch, Weingeist, Lösungen von Kochsalz, Cuprisulfat oder Kaliumkarbonat. (H H 186.) Vgl. S. 245 Nr. 473.

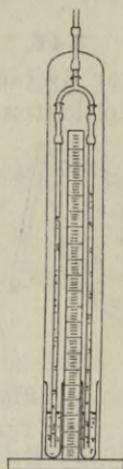


Fig. 453.

### 9. Saugen und Rauchen.

**539.** a) Fülle eine Flasche ganz mit Wasser, stecke eine 15 bis 20 cm lange Glasröhre durch einen durchbohrten Kork und verschließe damit die Flasche fest. Versuche aus der Röhre Wasser zu saugen.

b) Fülle die Flasche nicht ganz mit Wasser, senke die Röhre in die Flüssigkeit und wiederhole den Versuch. (B J 48 Nr. 70 u. 71.)

### 540. Das rauchende Lampenglas (Fig. 454).

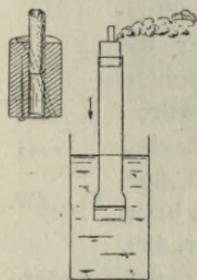


Fig. 454.

Setze in das obere Ende eines Lampenglases einen großen Kork luftdicht ein. Bohre zwei Löcher hindurch, das eine in der Achse des Korks, und zwar so weit, wie der Durchmesser der Zigarette ist, und das engere andere Loch windschief zur Korkachse. Schneide aus Handschuhleder zwei kleine runde Klappen und befestige sie mit zwei Nadeln dicht bei den Lochrändern am Kork, und zwar die eine Klappe außerhalb des Lampenglases über dem engen Loch und die andere Klappe innerhalb des Lampenglases

unter dem größern Loch. Die erste Klappe läßt aus dem Glas den Rauch austreten, verhindert aber das Eindringen von Luft; die andere Klappe läßt den Rauch in das Glas einströmen, verhindert aber das Ausströmen von Luft. Senke das Glas bis zum Kork in ein Gefäß mit Wasser, stecke in das weite Loch eine Zigarette und zünde sie an. Hebe das Glas. Der Rauch dringt hinein. Senke das Glas. Der Rauch wird aus dem engen Loch herausgedrückt. (T T 1, 203.)

### 10. Atmung.

**541.** Vergrößerung der Brusthöhle durch die Tätigkeit der Zwischenrippenmuskeln. Füge wie in Fig. 455 fünf dünne Holzleisten mit Stiften aneinander. Die Querleisten stellen Rippen dar.

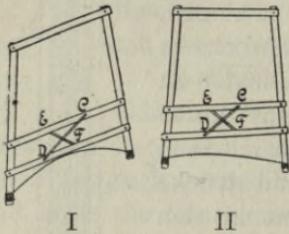


Fig. 455.

Befestige zwischen zweien dieser Leisten die Gummibänder CD und EF so über Kreuz, wie die Zwischenrippenmuskeln an den Rippen angeheftet sind. Binde an die untern Enden der beiden aufrechten Holzleisten einen gestärkten Leinwandstreifen. Dieser Streifen stellt ein Stück des Zwerchfells dar. Hake das Gummiband EF ab. Das andere Band CD zieht sich zusammen und hebt die Vorrichtung so, daß

sie die in II abgebildete Gestalt annimmt. Hake nun EF an und CD ab. Das Gummiband EF zieht sich zusammen und erzeugt die in I abgebildete Gestalt. Der zwischen den Leisten eingeschlossene Raum ist bei der Stellung II größer als bei der Stellung I. Das Zwerchfell im menschlichen Körper bewegt sich durch Erschlaffen und Zusammenziehen stärker als der Leinwandstreifen dieser Vorrichtung. (W 62 Nr. 93.)

**542.** Einatmen und Ausatmen durch Ausdehnen und Zusammenziehen des Brustkastens. a) Benutze zur Vertretung des Brustkastens ein gewöhnliches Lampenglas (Fig. 456). Spanne über die untere Öffnung eine dünnwandige Kautschukhaut, die das Zwerchfell darstellt. Verschließe die obere Mündung mit einem durchbohrten Kautschukstopfen und stecke durch sein Loch eine kurze Glasröhre, über deren untere Öffnung

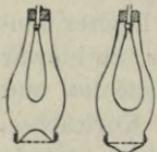


Fig. 456.

ein Beutel aus Goldschlägerhaut oder ein dünnwandiger Gummiball gebunden ist, der die Lunge vertritt. Drücke zuerst die Kautschukhaut aufwärts und ziehe sie dann abwärts; verkleinere und vergrößere so abwechselnd den Raum des Glases. Der die Lungen darstellende Beutel fällt zuerst zusammen und bläht sich dann auf. (W 63 Nr. 94.) Vgl. S. 259 Nr. 499.

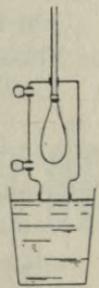


Fig. 457.

b) Setze in das Bodenloch von Baileys Gefäß eine Glasröhre ein, woran ein dünnwandiger Kautschukball gebunden ist (Fig. 457).

Fülle den Ball mit Luft, tauche die Mündung des Gefäßes in Wasser und hebe und senke es abwechselnd ein wenig. (B J 35 Nr. 47.)

e) Verbinde zwei Ausflußflaschen A und B (Fig. 457 a) durch einen Gummischlauch. Führe durch den Stopfen der Flasche A eine Glasröhre, woran ein Gummiball befestigt ist. Dieser entspricht der Lunge und der Wasserspiegel in der Flasche dem Zwerchfell. Es hebt oder senkt sich, wenn man die Flasche B aufwärts oder abwärts bewegt. Der Gummiball spricht rasch auf die Änderungen des Wasserstandes an, und man kann sein Aufblähen und Zusammenfallen zeigen. (Bush, School Science 5, 186; 1905.)

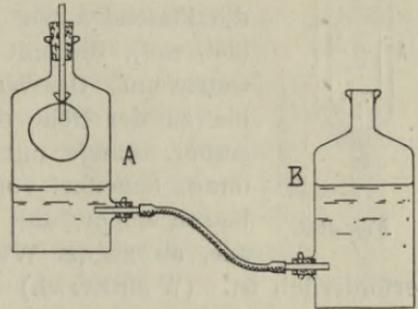


Fig. 457 a.

## 11. Sturzflasche.

**543.** a) Fülle einen Glaskolben mit Wasser und bedecke die Mündung mit dem Daumen oder, falls sie zu groß ist, mit einer runden Papierscheibe. Stürze in einem Trichter, worauf ein angefeuchtetes Filter liegt, die Flasche so um, daß die Öffnung einige Millimeter tiefer als der Rand des Filters steht (Fig. 458), und zieh das Papier langsam weg. Das Wasser steigt in dem Trichter so hoch empor, daß es die Kolbenmündung verschließt.



Fig. 458.

b) Fig. 459 zeigt, wie man mit der Sturzflasche einen Heber mit gleichbleibender Ausfließgeschwindigkeit herstellen kann. Vgl. S. 64 Nr. 124.

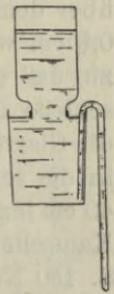


Fig. 459.

**544.** Geflügeltränke (Fig. 460). Fülle eine Flasche mit Wasser und befestige sie umgekehrt an einer schattigen Hofmauer über einer flachen Schüssel. Die Flaschenmündung darf den Boden des Napfs nicht berühren, muß aber tiefer als der Rand liegen. (T T 2, 53.)

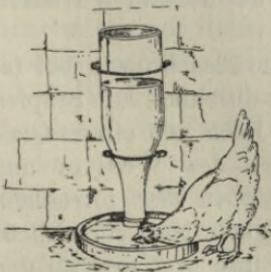


Fig. 460.

**545.** Schwammtränke (Fig. 461). Sprenge von zwei weithalsigen Flaschen (125 cm<sup>3</sup>) die Böden ab und stelle so zwei Näpfe her. Bohre Löcher hinein und verbinde sie durch eine kurze Glasröhre. Stülpe den einen Napf wie eine Kappe über eine weithalsige Flasche (125 cm<sup>3</sup>) voll Wasser und kehre das Ganze um. Das Wasser fließt durch die kurze

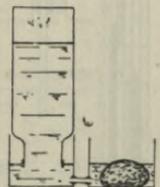


Fig. 461.

Röhre in den andern Napf. Lege einen Schwamm hinein. Der Wasserstand ändert sich nicht, und der Schwamm bleibt feucht. (W 39 Nr. 40.)

**546.** Arbeitslampe (Fig. 462). Sprenge von einer enghalsigen Flasche A ( $500 \text{ cm}^3$ ) den Boden ab und setze die gebogene Röhre B in die Durchbohrung des Kautschukstopfens C ein. Stülpe die Flasche A wie eine Kappe über die offene Flasche D ( $250 \text{ cm}^3$ ), die mit Wasser gefüllt ist, und kehre das Ganze um. Das Wasser steigt in der gebogenen Röhre B bis zu der Höhe der Mündung der kleinern Flasche D empor. Saug mit einer Tropfröhre Wasser aus dem offenen Schenkel von B. In der Flasche D steigen Luftblasen empor, und es fließt gerade so viel Wasser heraus, als zu der Wiederherstellung des gleichen Standes erforderlich ist. (W 39 Nr. 39.) Man kann in den Kork C zwei Nägel stecken und so die Lampe stützen, ferner die Flasche D mit Öl oder Weingeist füllen, in B einen Docht einziehen und über das äußere Ende von B ein Lampenglas stülpen. Das setzt man so auf zwei Holzklötzchen, daß für die Röhre B Raum bleibt und ausreichender Zug entsteht. (B J 95 aux. 28.)

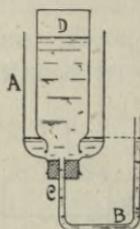


Fig. 462.

## 12. Mariottische Flasche.

**547.** a) Bohre in die Wand einer Flasche A ( $2000 \text{ cm}^3$ ) nahe über dem Boden ein Loch (Fig. 463). Schmelze eine 8 cm lange und 0,8 cm weite Glasröhre B am äußern Ende so weit zu, daß eine 2 bis 3 mm weite Öffnung bleibt, und schleife diese auf einem Sandstein ganz eben. Setze die Glasröhre B mit einem Stück Kautschukschlauch in die seitliche Durchbohrung ein und die gerade 40 cm lange und 0,7 cm weite Glasröhre C mit einem Kautschukstopfen in den Hals der Flasche A. (Vgl. S. 150 Nr. 316.)

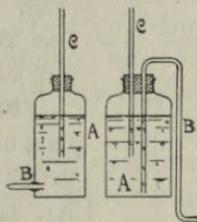


Fig. 463. Fig. 463a.

b) Setze in die Mündung einer weithalsigen Flasche A mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen die lange gerade Glasröhre C ein und als Ausflußröhre den Heber B (Fig. 463a).

c) Verschiebe die Röhre C im Stopfen und beobachte die Änderung des ausfließenden Wasserstrahls.

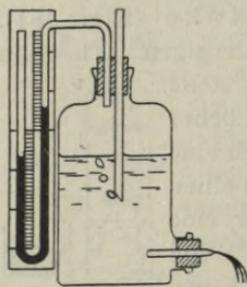


Fig. 463b.

d) Stelle die Mariottische Flasche wie bei (a) her, doch nimm einen doppelt durchbohrten Stopfen und verschließe das zweite Loch mit einem Glasstabe. Zeige das Ausströmen des Wassers und ändere dann durch Verschieben der lotrechten Röhre die Ausflußgeschwindigkeit. Nun verschließe mit dem Finger die Abflußröhre und ersetze den Glasstößel durch die vorher vorbereitete, mit ge-

färbtem Wasser gefüllte Druckmesserröhre (Fig. 463 b). Der Standunterschied der Flüssigkeit in beiden Schenkeln ist so groß wie die Tiefe der untern Mündung der lotrechten Röhre unter dem Wasserspiegel. Die Luft in dem Innern der Flasche hat eine geringere Spannung als die Außenluft. Verschiebe die lotrechte Röhre und zeige die Spannungsänderung der Innenluft. Die Flasche selbst ist also eine Art Druckmesser. (R 2, 90.)

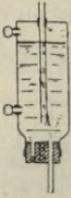


Fig. 464.

**548. a)** Setze eine kurze Röhre in ein Loch des Stopfens und eine 15 cm lange Röhre in die Bodenöffnung von Baileys Gefäß ein (Fig. 464). Fülle es mit Wasser und setze den Stopfen auf. Lege den Finger auf die Mündung unterhalb des Gefäßes und drehe es um. Benutze die Flasche auch als Tropfgefäß. (B J 46 Nr. 64.)



Fig. 465.

**b)** Fülle Baileys Gefäß und die Röhre (Fig. 465) mit Wasser und entkappe die obere Ausflußröhre. (B J 46 Nr. 65.)

**548\*.** Verschließ ein Lampenglas oben und unten durch je einen Kork, wodurch eine Glasröhre gesteckt ist (Fig. 465 a). (J. Holden, P P 1, 120; 1888.)

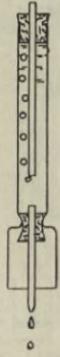


Fig. 465a.

### 13. Unterbrochener Heber.

**549. a)** Stecke durch den gut schließenden Kork einer geräumigen Flasche A (Fig. 466) zwei Glasröhren, die längere gerade Röhre B, die unten mit einem kurzen Kautschukschlauch versehen ist, und die zweimal rechtwinklig gebogene Röhre C, deren inneres Ende zu einer Spitze ausgezogen ist. Tauche das äußere Ende von C in ein größeres Gefäß mit Wasser. Saug die Vorrichtung am untern Ende von B wie einen Heber an und drücke dann den Schlauch zusammen. Im Innern der Flasche springt das Wasser als Strahl empor. Nimm die Finger vom Schlauch weg, sobald der Strahl nicht mehr springt. Das Wasser läuft durch B ab, und der Strahl springt wieder empor. Bequemer und sicherer setzt man auf folgende Art den unterbrochenen Heber in Betrieb: Fülle die umgekehrte Flasche ungefähr zum zehnten Teil mit Wasser. Nimm dabei den Pfropfen mit den beiden Röhren von der Flasche ab oder setze, falls er mit Siegelack festgekittet ist, auf die Röhre B mit einem Stückchen Kautschukschlauch einen kleinen Trichter und gieß Wasser hinein. Kehre nun die Vorrichtung um und tauche, sobald das Wasser aus B ausläuft, die Röhre C in das Wassergefäß. Die Spitze von C muß so weit in die Flasche A hineinragen, daß sie beim Aufrichten der Flasche noch

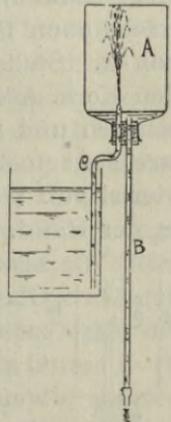


Fig. 466.

über dem Wasser bleibt. (W V 176.) — Bohn (Arbeitschule 27, 300; 1913) benutzt statt der Flasche ein weites Prüfglas. Vgl. S. 255 Nr. 493.

b) Bequem ist es, statt der langen Röhre C eine kurze Röhre mit angesetztem Kautschukschlauch zu verwenden; man braucht dann die Röhre C nicht zweimal rechtwinklig zu biegen. Fig. 467 zeigt eine Form des unterbrochenen Hebers, bei der die Flasche A durch ein Lampenglas ersetzt ist, dessen oberes Ende mit einer dünnen Kautschukhaut verschlossen ist. (W A 36 Nr. 25.)

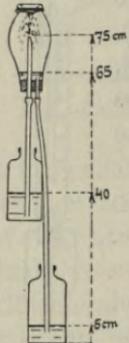


Fig. 467.

**550. a)** Setze in ein umgekehrtes Lampenglas drei flache Korke ein, den einen A (Fig. 468) in die enge, den andern B in die weite Öffnung und den dritten C in die Einschnürung. Alle drei Korke müssen luftdicht schließen. Spanne daher über den obersten und den untersten Handschuhleder. Führe durch die beiden Löcher von C zwei dicke Strohhalme D und J. Der erste Halm D beginne an der Oberseite von C, und sein unteres Ende reiche bis  $\sim 2$  cm

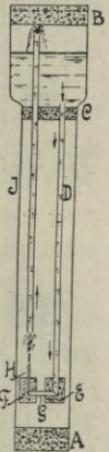


Fig. 468.

über die Oberseite von A. Stelle an dem untern Ende von D mit den beiden Korken E und F und mit den Halmen G und H ein Doppelknie her. Der wagerechte Halm G habe denselben Durchmesser wie D und sei zwischen den Korken  $\sim 1$  cm lang. Der lotrechte Halm H, der als Ausflußrohr dient, sei 2 cm lang und sehr dünn. Der zweite lange Halm J, der ebenso weit wie D ist, gehe durch den Kork C und reiche oben fast bis an den Kork B und unten fast bis an die Mündung von H. Stelle die Vorrichtung folgendermaßen zusammen: Schiebe den Kork A ein, setze den Kork C und seine Halme besonders zusammen und senke das Ganze in das Glas. Befestige C gut und bestreiche seinen Umfang mit Wachs. Fülle den obersten Behälter drei Viertel voll Wasser, setze den Kork B auf und halte das Glas lotrecht in der Hand. An dem Ende des Ausflußrohrs H entsteht ein Springbrunnen. Sein Wasser fällt zum Teil auf den Boden des Glases, zum Teil aber dringt es in die Röhre J, steigt bis zu ihrem obern Ende empor und fließt in den Behälter über C zurück. Die Erscheinung dauert einige Minuten. Nimm, wenn sie vorüber ist, den Kork A heraus und entferne das Wasser. Setze den Kork wieder ein, gieß das Wasser in den obersten Behälter und setze den Kork B auf. Der Vorgang beginnt von neuem. (T T 2, 61.)

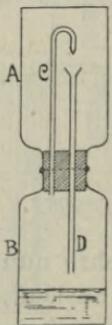


Fig. 469.

b) Man kann die Vorrichtung auch zusammenstellen aus zwei großen Flaschen A und B (Fig. 469), einem oder zwei Korken oder Kautschukstopfen und zwei Glasröhren, einer

gebogenen Röhre C, deren kurzer Schenkel fast zugeschmolzen ist, und einer geraden Röhre D, deren in A befindliches Ende zu einem kleinen Trichter erweitert ist (vgl. F 1, 18 § 8, 8). Die Abbildung stellt die Vorrichtung in der Stellung dar, die sie vor dem Versuch hat. Kehre die Vorrichtung um. Das Wasser fließt aus B nach A, spritzt aus C heraus und in D hinein. (B J 92 aux. 25.)

#### 14. Aussetzende Brunnen.

**551.** Bohre nahe über dem Boden ein Loch in die Wand einer enghalsigen Flasche (1000 cm<sup>3</sup>) und stelle sie auf einen Holzklötz oder auf einen Haufen Bücher (Fig. 470). Setze mit einem Kautschukstopfen und einem kurzen Gummischlauch die Röhren A und B ein und stelle unterhalb der Flasche C das Einmacheglas D auf, in dessen seitliche Durchbohrung mit einem kurzen Gummischlauch die knieförmig gebogene Glasröhre E nebst langem Kautschukschlauch F eingesetzt ist. Nimm den obren Stopfen ab, halte die Öffnung von B zu und fülle C mit Wasser. Es läuft aus C nach D und durch F in einen untergestellten Eimer. Klemme F mit einer Haarnadel so weit zu, daß nur wenig Wasser abfließt, und setze die Röhre A wieder ein. Die Flüssigkeit in D steigt und verschließt die Mündung von A. Der Brunnen setzt aus. Nun sinkt das Wasser in D, gibt die Mündung von A frei, und der Brunnen fließt wieder. (D 85.) Vgl. S. 247 Nr. 477.

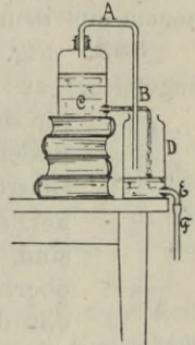


Fig. 470.

**552.** Verschließe mit zwei Korken von Mostriehgläsern die Mündungen eines Lampenglases für Schnittbrenner (Fig. 471) und fülle diesen Behälter fast ganz mit Wasser. Passe das dünnere Ende des Glases ein in das Loch eines ringförmig ausgeschnittenen breiten Korks von einem Gurkenglas. Stecke in den Umfang des Korks in gleichen Abständen drei gleich lange Gabeln schräg hinein. Sie bilden einen Dreifuß, worauf der Wasserbehälter ruht. Setze auf eine große, tiefe, runde Schüssel drei Korke, lege den Deckel einer Blechbüchse darauf, worein mit einem Nagel oder einem Durchschlag ein Loch geschlagen worden ist. Stelle auf den umgekehrten Deckel die Enden der Gabelgriffe. Bohre durch den untern Kork des Glases vier Löcher und stecke durch die mittlere Öffnung eine lange Makkaronistange. Ihr oberes Ende soll aus dem Flüssigkeitsspiegel herausragen und ihr unteres Ende fast bis zu dem Blechdeckel reichen, ohne ihn jedoch zu berühren. Stecke durch die drei andern Löcher an dem Rande des Korks drei Ausflußröhren aus gebogenen Makkaronistückchen. (Man erweicht sie in lauwarmem Wasser, biegt sie und

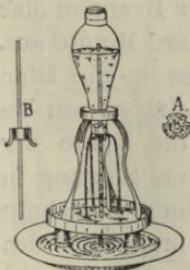


Fig. 471.

läßt sie dann in der Wärme trocknen.) In der Figur stellt A den Grundriß und B den Aufriß des Korks mit dem geraden Lufteinlaßrohr und mit den drei gebogenen Makkaronistückchen dar. Das Wasser fließt durch die drei untern Röhren in den Blechdeckel und durch dessen kleine Öffnung in die Schüssel darunter. Da der Querschnitt des Deckellochs kleiner ist als die Summe der Querschnitte der drei Abflußröhren, so steigt der Wasserspiegel im Deckel. Hat er das untere Ende der mittlern Röhre erreicht, so hört das Ausfließen aus dem Glas auf. Sobald aber durch das Abfließen des Wassers aus dem Deckel die untere Mündung des Mittelrohrs wieder frei wird, steigen Luftblasen darin empor, und das Wasser fließt von neuem aus dem Glas. (T T 2, 49.)

**553.** Fig. 472 stellt einen aussetzenden Brunnen dar. Er ist angefertigt aus einer gewöhnlichen Literflasche A (als Untersatz dafür dient der Oberteil B einer andern Flasche), aus dem Boden C einer großen Flasche, einem Einmacheglas D, einer Glasröhre E und Stopfen. Wegen der größern Standfestigkeit soll die Röhre E, deren Enden schräg abgeschnitten sind, mit ihrem untern Ende die Schale C und mit ihrem obern Ende den Kork berühren. Man mache E so lang, daß die Flasche A auf dem Untersatz B ruht, worin E mit einem Stopfen luftdicht eingesetzt ist. Die Röhre F liefert den aussetzenden Wasserstrahl. Wird die Vorrichtung mit großer Sorgfalt abgeglichen, so kann man noch eine ähnliche Röhre auf der gegenüberliegenden Seite der Flasche A anbringen. Gleichet man nicht sehr sorgfältig ab, so tritt

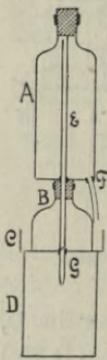


Fig. 472.

Luft durch die eine Röhre ein und verhindert das aussetzende Ausfließen. Daher versieht man besser den Brunnen zunächst nur mit einer Ausflußröhre und fügt erst später, wenn man will, die andere hinzu. Man verschließt die Röhre F mit einer Kappe (vgl. S. 4, Nr. 2), füllt die Flasche A und verkorkt sie. Die Röhre G, die aus der Schale C in das Einmacheglas D führt, liefert einen ununterbrochenen Strahl. Ist sie hinreichend eng, so fließt der Brunnen eine Stunde und länger und setzt vielleicht eine um die andere Minute aus. Bohrt man das Loch in die Schale C, so mache man es in die Mitte oder in deren Nähe. Feilt man aber das Loch, so ist es am bequemsten, diese Öffnung wie bei der Flasche A in die Kante der Schale einzuschneiden, die Röhre G mit einer doppelten Biegung in das Einmacheglas D zu führen und in dessen Rand einen Einschnitt für die Röhre zu machen. Ist diese dick, so muß man auch den Untersatz B mit einem Einschnitt versehen. (B J 93 aux. 26.)

### 15. Heronsbrunnen.

**554.** Verbinde die Röhre A (Fig. 473) durch einen Kautschukschlauch mit dem Kolben B, der mit Wasser gefüllt ist. Je höher

man B hält, desto höher spritzt das Wasser aus dem Heronsball. (WE 50.)

**555.** Verwandlung von Wein in Wasser. Fülle ein Mostrichglas dreiviertel voll Wasser, bohre durch den Kork zwei Löcher und stecke zwei weite, ~ 15 cm lange Strohhalme so hindurch, daß der eine, wie Fig. 474 zeigt, ins Wasser taucht und der andere nur in den obern Teil der Flasche hineinragt. Befestige an jeder Röhre oben eine Nußschale, deren Boden durchlocht ist. Setze in den Flaschenhals den Kork ein, überziehe ihn mit Siegellack und gieße in die obere Schale Wasser. Es fließt in die Flasche, drückt die Luft

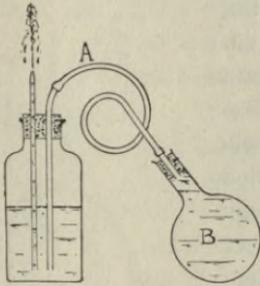


Fig. 473.



Fig. 474.

zusammen, und in dem eingetauchten Halm steigt Wasser empor. Dieses Wasser fließt durch ein Loch in der untern Schale ab, worin ein kurzer Halm befestigt ist. Statt des Mostrichglases kann man eine dunkel gefärbte Flasche nehmen, die zu drei Viertel mit Wasser gefüllt ist. Gießt man in die obere Schale Wein, so fließt aus der Flasche Wasser. (TT 2, 65.)

**556.** Weigels Kellermagd (Fig. 475). Verschließ eine weithalsige Flasche A (500 cm<sup>3</sup>) mit einem doppeldurchbohrten Kautschukstopfen, setze in das eine Loch die lange Trichterröhre B und in das andere die rechtwinklig gebogene Glasröhre C ein. Richte eine gleich große Flasche D ebenso her, doch ersetze hier den Trichter durch die gebogene lange Glasröhre E. Fülle D mit Wein oder mit gefärbtem Wasser, verbinde die Glasröhren C und F durch einen kurzen Kautschukschlauch und gieße in den Trichter Wasser. Der Wein fließt aus der Röhre E aus. (B Sch 60 Nr. 178.) Man kann auch E durch eine gerade, oben ausgezogene Glasröhre ersetzen; dann wird D ein Heronsball. Fig. 476 stellt diese Vorrichtung in der Form dar, die ihr Donath (D 93) gegeben hat. Statt der weithalsigen Flaschen und der doppelt durchbohrten Stopfen kann man auch Woulfesche Flaschen und einfach durchbohrte Stopfen verwenden.

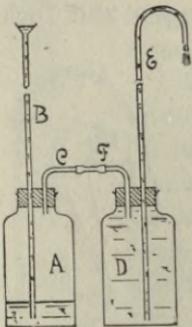


Fig. 475.

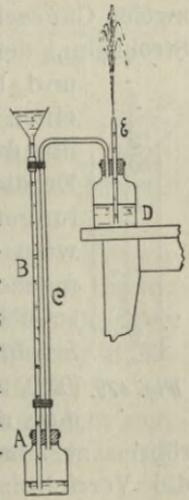


Fig. 476.

**557. a)** Baue aus drei enghalsigen Flaschen (500 cm<sup>3</sup>), Gummistopfen, zwei

~ 1,20 m langen Schläuchen und Glasröhren die in Fig. 477 dargestellte Vorrichtung zusammen. Stelle die untere Flasche auf den Tisch oder den Fußboden und halte je eine der beiden andern

Flaschen in einer Hand. Hebe und senke die Flasche A, woraus der Springbrunnen emporspritzt. Da der Wasserdruck gleich bleibt, so ändert sich die Höhe des Wasserstrahls nicht. Hebe und senke die in der andern Hand gehaltene Flasche B. Die Höhe des Springbrunnens ändert sich. (W 36 Nr. 35.)

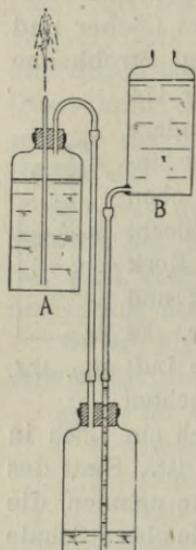


Fig. 477.

b) Weinhold (W V 167) benutzt statt der Kautschukschläuche Glasröhren, auch durchbohrt er die Flasche B nicht seitlich, sondern verschließt sie mit einem doppelt durchbohrten Stopfen. In diesen setzt er eine Heber- röhre ein, die B mit der unten stehenden Flasche verbindet, und eine kurze gerade Röhre, womit er den Heber anbläst.

c) Fig. 478 zeigt, wie man die Vorrichtung aus drei Baileyschen Gefäßen zusammensetzen kann. Blase in die obere gebogene Röhre und setze so den Springbrunnen in Tätigkeit.

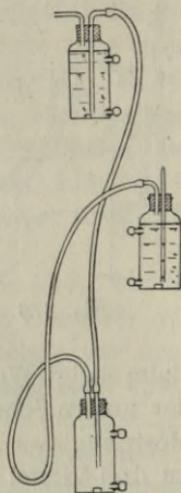


Fig. 478.

Ändere die Höhe der Spritzflasche und der Druckflasche. (B J 90 aux. 23.)

558. Weinborn (Fig. 479). Bohre mit einem spitzen Messer oder einer spitzen Schere je ein kleines Loch in die beiden Enden zweier Gänseeier. Verbinde sie durch einen  $\sim 25$  cm langen dicken Strohhalm, der durch das obere Ei A fast vollständig hindurchgeht und bis zu der Spitze des untern Eies B reicht. Schneide einen 6 bis 8 cm langen andern Halm schräg ab und stecke ihn durch die obere Öffnung von A fast bis auf den Boden. Er dient als Spritzrohr. Stelle die Verbindungen und Dichtungen mit Siegelack her. Fülle A mit Rotwein und tauche die Vorrichtung in ein Einmacheglas voll Wasser. Der Wein spritzt um so höher aus dem Ausflußrohr, je länger der Strohhalm und je tiefer das Wassergefäß ist.

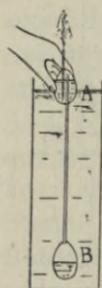


Fig. 479. (T T 2, 57.) Eine haltbarere Vorrichtung kann

man aus zwei Baileyschen Gefäßen und Glasröhren zusammensetzen. Arthur Good hat a. a. O. die Vorrichtung zu einem „Wettrennen“ ausgebaut, wobei das austretende Wasser ein Segnersches Wasserrad treibt. Diese Spielerei hat jedoch für den Unterricht keinerlei Wert.

559. Setze aus zwei Baileyschen Gefäßen die in Fig. 480 abgebildete Vorrichtung zusammen. Halte

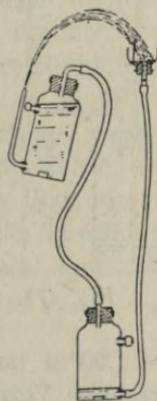


Fig. 480.

den Trichter und das Spritzgefäß in der Hand, laß einen Gehilfen Wasser in den Trichter gießen und so den Versuch einleiten. (B J 90 aux. 22. Heron, Pneum. 1, 37.)

**560.** Heronsbrunnen. a) (Fig. 481.) Ein Holzpflockchen mit feiner Durchbohrung (oder ein Siegellackpfropfen, der mit einer erwärmten feinen Nadel durchstochen worden ist), verschließt einen Strohalm  $R_1$ , der enger als die andern ist. Dieser geht von der halben Eierschale  $E_1$  bis auf den Boden von  $E_2$ . Ein anderer Halm  $R_2$  geht von  $E_1$  bis auf den Boden von  $E_3$  und ein dritter Halm  $R_3$  von dem obern Ende von  $E_3$  bis zu dem obern Ende von  $E_2$ . Die mit Siegellack angekitteten Korke  $K_1, K_2, K_3$  und  $K_4$  dienen zugleich zum Dichten. Auch die Strohhalme sind mit Siegellack eingesetzt. Das Loch in dem Boden von  $E_3$  ist durch einen Holzpflock verschlossen. — Kehre die Vorrichtung um, entferne den Holzpflock und gieße in  $E_4$  Wasser hinein. Dies läuft nach  $E_3$  und von dort durch  $R_3$  nach  $E_2$ . Die Luft entweicht durch  $R_1$ . Sobald durch  $R_1$  Wasser abläuft, ist  $E_2$  gefüllt. Kehre die Vorrichtung wieder um. Das etwa in  $E_3$  enthaltene Wasser läuft ab. Setze den Pflock wieder ein. Nun ist der Heronsbrunnen gebrauchsfertig. Der Holzpflock in  $E_4$  ist entbehrlich, wenn man beim Füllen an der Röhre  $R_1$  saugt. Diese muß man dann etwas länger machen, als sie in der Figur gezeichnet ist. Die Eierschalen zerschneidet man mit einer feinen Laubsäge oder einer feinen Feile. (T T 2, 55. B Sch 68 Nr. 176. Heron, Pneum. 2, 22.)

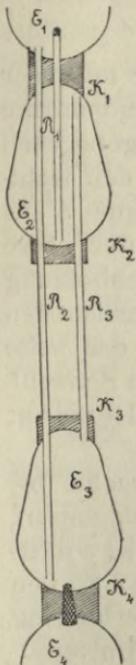


Fig. 481.

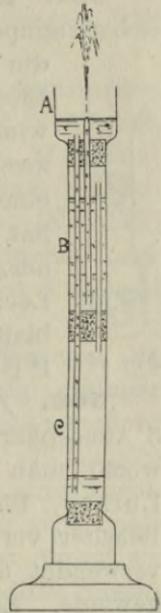


Fig. 482.

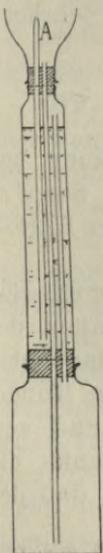


Fig. 483.

b) Fig. 482 zeigt, wie man aus zwei Lampengläsern und drei Korken einen Heronsbrunnen herstellen kann. (J. Holden, P P 1, 122; 1888.) Man fülle erst den Behälter B mit Schlauch und Trichter und gieße dann Wasser in das Becken A. Der Brunnen springt. Ist der Behälter B entleert, so kehre man die Vorrichtung um. Dann füllt sich der Behälter B mit dem Wasser aus C. Kehrt man wieder um, so beginnt das Spiel von neuem.

c) Fig. 483 zeigt einen leicht herstellbaren Heronsbrunnen. Der obere Teil ist der Hals einer großen Flasche und der mittlere Teil das lange Rohr eines Lampenglases, das an der Einschnürung abgesprengt ist. Alle Glasröhren sind offen. Die Ausflußröhre A ist oben fast

ganz zugeschmolzen, sie geht durch den obern Stopfen und reicht fast bis zum untern. Sollte sich der gezeichnete eine Stopfen nicht dicht genug in beide Glasteile einpassen lassen, so verwende man zwei Korke oder besser Kautschukstopfen. Zum Unterteil ist eine schwere große Flasche geeigneter als Baileys Gefäß. (B J 91 aux. 24.)

### 16. Verdichtungspumpe.

**561.** Erhitze mit der Stichflamme eines Lötrohres oder mit einer Gebläselampe die Stelle O (Fig. 484) des Lampenglases und drücke die so erweichte Stelle mit einem rechtwinklig gebogenen Eisendraht durch. Brenne in den Korkkolben K den rechtwinkligen Durchgang R ein. Stelle die Bodenklappe S aus zwei aneinander geleimten Korke her, wovon der obere eine ganz enge und der untere eine weite Durchbohrung hat, und spanne zwischen beiden Korke einen Gummistreifen aus, der breiter als das enge, doch schmalere als das weite Loch ist. Binde über das Glas eine Gummihaut (ein Schweißblatt, wie man es in Damenkleider einnäht). (F. Ellemann,



Fig. 484. P B 3, 34; 1896.)

**562.** Zur vorübergehenden Herstellung größerer Drucke (bis 5 Atmosphären) dienen zweckmäßig Fahrradpumpen (Fußpumpen), womit man Luft in Champagnerflaschen verdichtet. (Ostwald-Luther, Physiko-chem. Messungen<sup>3</sup> 293 nach Beckmann.) Den Behälter verschließt man mit einem Pneumatikventil. Zur Verbindung verwendet man Pumpenschlauch und Pumpennippel mit Universalgewinde. Einen brauchbaren Windkessel liefert eine gut verlötete Blechbüchse (Einmachebüchse), auf den Deckel lötet man einen Hahn und Pumpennippel auf, woran man Ventil und Schlauch anschraubt. (Freyer, Z 25, 30; 1912.)

### 17. Versuche mit verdichteten Gasen\*).

**563.** Laß aus einer Glasröhre verdichtete Luft strömen und blase damit Kohlenstaub, Mehl, Ruß, Sand, Flammen weg. Setze so ein leichtes Pendel in Bewegung und Scheiben aus Papier oder Karton, die an zwei Fäden hängen.

**564.** Stelle auf die rechte Hand den Boden einer Weinflasche, deren Hals ~ 2 cm weit ist, und verschließe mit dem Ballen des linken Daumens die Mündung so, daß bei dem Lüften der Hand eine kleine Öffnung entsteht. Bedecke diese vollständig mit dem Munde, blase 3 bis 4 Sekunden lang kräftig Luft in die Flasche und verschließe durch eine rasche Drehung des linken Handgelenks die Öffnung fest mit dem Ballen. Neige nun die Flasche so, daß der

\* An vielen frühern Stellen dieses Bandes sind schon Versuche mit verdichteter Luft beschrieben worden.

Boden nach oben und die Mündung nach unten gekehrt ist, nähere sie auf  $\sim 3$  cm einer Kerzenflamme und lüfte plötzlich den Ballen ein wenig. Die ausströmende verdichtete Luft löscht die Flamme aus. (T 100.)

**565.** Umfasse mit der rechten Hand den Hals einer halb mit Wasser gefüllten Flasche, blase mehrmals kräftig hinein und verschließe beim Atemholen sorgfältig die Öffnung mit dem Daumen. Schiebe diesen ein wenig seitwärts und gib einen kleinen Teil der Öffnung frei. Aus der Flasche spritzt ein dünner Wasserstrahl weit heraus (T T 3, 47.)

**566.** Das springende Ei. Lege ein hartes Ei mit dem breiten Ende nach oben so in ein Weinglas, daß etwa ein Drittel herausragt, und blase geschickt mit aller Kraft in das Glas. Das Ei springt aus dem Glas in ein anderes, das dahinter steht. Vor dem Versuch darf man vier oder fünf Minuten lang nicht sprechen. (F C 145.) Faraday sagte vor der Ausführung des schwierigen Versuchs: I saw the other day an experiment which pleased me much, as I thought it would serve our purpose here.

**567.** Die springende Münze. Lege auf den Tischrand ein Fünfzigpfennigstück, halte die halb geöffnete Hand in geringer Entfernung dahinter und blase 4 bis 5 cm von der Münze entfernt kräftig gegen den Tisch. Die Münze springt in die Hand. (T T 2, 87.)

**568.** Die fliegende Münze. Lege auf den Boden eines kegelförmigen Branntweinglases, dessen Mündung ein wenig größer als ein Fünfmarkstück ist, ein Fünfzigpfennigstück und oben darauf als Deckel ein Fünfmarkstück, das nur ganz wenig in das Glas hineinsinken darf, und blas kräftig auf den Rand des Fünfmarkstücks. Es dreht sich um einen Durchmesser und stellt sich lotrecht, während die verdichtete Luft das Fünfzigpfennigstück aus dem Glas heraus schleudert. (T T 1, 89.)

**569.** Der störrige Kork. a) Lege in den glatten weiten Hals einer wagerecht gehaltenen, trocknen, glatten Flasche einen kleinen Kork und blase kräftig in den Hals hinein. Der Kork springt heraus.

b) Saug Luft aus der Flasche. Der Kork wandert hinein.

c) Blase mit einer kleinen Röhre, z. B. mit einem Strohalm, dem Stiel einer Tonpfeife, einem Stück Makkaroni usw. genau gegen den Spiegel des Korks. Er bewegt sich in die Flasche hinein. (T 103.)

**570.** Siphon. Verschließe eine Sodawasserflasche luftdicht mit einem durchbohrten Kork, stecke durch das Loch eine Glasröhre, deren oberes Ende verengt ist und deren unteres Ende bis auf den Boden reicht, und verschließe die Spitze mit einem Wachsknopf oder einem kurzen Schlauch, worin ein kleiner Glasstab oder eine Schrotkugel sitzt. Noch zweckmäßiger ist es, die Glasröhre am obern Ende nicht zu verjüngen, sondern daran mit einem kurzen Kautschukschlauch eine Ausflußspitze anzusetzen und einen Quetschhahn auf-

zuschieben. Setze den so ausgerüsteten Kork auf eine frische Flasche voll Sodawasser und öffne den Verschuß. Der Druck des Kohlendioxyds treibt das Sodawasser vollständig heraus, und ein Kohlendioxydstrahl folgt nach. Das herausspringende Wasser ist reichlich mit Gasblasen gemischt. Biege die Spitze um und fange das herausgedrückte Wasser auf. (B. Schwalbe, Unterrichtsblätter 3, 36; 1897.)

**571. a)** Setze auf eine Flasche Sodawasser A (Fig. 485) einen Kork, führe durch seine Durchbohrung eine gebogene Röhre B und verbinde diese mit dem Kautschukschlauch C, der mit einem Quetschhahn verschlossen ist. Schiebe in das andere Ende des Schlauchs die gebogene Röhre D, die in dem doppelt durchbohrten Kork der Flasche E sitzt. Stecke durch die zweite Durchbohrung des Korks eine Glasröhre F, die durch das gefärbte Wasser fast bis auf den Boden der Flasche E reicht und deren umgebogenes oberes Ende verengt ist. Öffne den Quetschhahn. Das Wasser wird aus E herausgedrückt; die Sprungweite des Strahls nimmt allmählich ab.

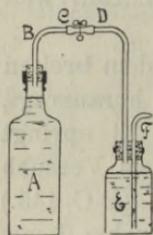


Fig. 485.

**b)** Schließe den Quetschhahn und ersetze die gebogene Röhre F durch eine lange Glasröhre. Miß mit der gehobenen Wassersäule die Spannung des Kohlendioxyds in der Flasche A. Zieh von der Röhre B den Schlauch C ab und laß Kohlendioxyd entweichen. Stelle die Verbindung wieder her und miß von neuem die Spannung des Gases. Wiederhole dies mehrmals. Stelle die Sodawasserflasche in lauwarmes Wasser und zeige, daß die Erscheinungen verstärkt werden. Das Kohlendioxyd hat nach dem Öffnen der Sodawasserflasche eine Atmosphäre Überdruck, und dieser bleibt noch eine ganze Zeit. (B. Schwalbe, Unterrichtsblätter 3, 36; 1897.)

**572.** Verdichte die Luft in den Gefäßen, die bei den Versuchen Nr. 401 auf S. 202 benutzt wurden.

**573.** Befestige das eine Ende eines 10 cm langen dünnwandigen weichen Kautschukschlauchs an dem Ventil einer Fahrradpumpe, binde das andere Schlauchende mit weichem Kupferdraht luftdicht zu und pumpe Luft in den Schlauch, bis er platzt. Vgl. S. 298 Nr. 562 und S. 205 Nr. 406.

**574.** Wiederhole den Versuch Nr. 394 auf S. 199 unter Verwendung einer Fahrradpumpe.

**575.** Setze in das eine Ende einer dickwandigen Glasröhre einen Kork ein, verbinde das andere Ende mit dem Ventil einer Fahrradpumpe und verdichte die Luft in der Röhre, bis der Kork herausfliegt.

**576.** Rohrpost. Passe in die beiden Enden einer möglichst langen 2 bis 3 cm weiten Glasröhre gute Korke ein und führe kurze Glasröhren hindurch. Leime auf das eine Ende einer kleinen runden Pappschachtel oder eines Korks, der enger als die Röhre ist, ein rundes Stück recht dicken Plüsch, dessen Durchmesser genau so

groß ist wie die lichte Weite der Röhre. Stecke diese Briefbüchse in das eine Ende der Röhre, verschließ es mit dem Kork und blase kräftig in seine Röhre. Die Büchse fährt geschwind nach dem andern Ende. Befördere die Büchse auch durch Saugen an dem andern Ende der Röhre. (Schwalbe. R 1, 151.)

**577.** Mammutpumpe (Fig. 486). Setze in ein hohes Einmacheglas A oder in ein anderes großes Gefäß voll Wasser einen großen Trichter B, woran die gebogene lange Glasröhre C mit einem kurzen Kautschukschlauch befestigt ist. Schiebe unter den Trichter die gebogene Glasröhre D und laß aus einer Schaumweinflasche, worin die Luft mit einer Fahrradpumpe verdichtet worden ist, Druckluft in die Röhre D einströmen. Aus C fließt ein Gemisch von Wasser und Luft aus.

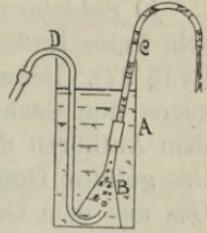


Fig. 486.

**577\*.** Wirkung des Schießpulvers. Stelle in einer Wanne voll Wasser auf einen Drahtdreifuß eine 8 cm weite und 30 cm hohe weithalsige Glocke (Fig. 486a). Setze in das eine Loch des Stopfens eine mit Schlauch und Quetscher verschließbare Glasröhre und in das andere Loch eine oben geschlossene Glasröhre, worin ein Stück Sprengkohle steckt. Streue auf eine runde Holzscheibe 1 gr Mehlpulver, d. h. eine selbstgemachte Mischung von 75 Gwt. Kaliumnitrat, 13 Gwt. Schwefel und 12 Gwt. Kohle. Richtiges gekörntes, schnellabbrennendes Schießpulver darf man nicht verwenden. Lege die Scheibe aufs Wasser und stülpe die Glocke darüber. Setze den Stopfen mit der angezündeten Sprengkohle auf und sauge mit dem Munde das Wasser empor, bis sich das Pulver entzündet. In diesem Augenblick stoßen die heißen Sprenggase die Scheibe bis auf den Dreifuß hinunter und ziehen sich danach auf  $\sim 300 \text{ cm}^3$  zusammen. (F. C. G. Müller, Z 2, 170; 1889 und MT 125.)

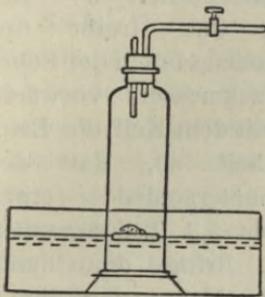


Fig. 486 a.

## § 30. Archimedisches Gesetz.

### 1. Dichte der Gase.

**578.** a) Gleiche auf einer Wage ab eine unbrauchbare Glühlampe (32 Kerzen) und  $\sim 0,5 \text{ cm}^3$  weiches Wachs. Feile die Spitze der Glühlampe vorsichtig ab und ermittle die Masse der eingedrungenen Luft, doch wäge dabei die abgebrochenen Glasstückchen mit. Schiebe durch die Öffnung eine enge Glasröhre, verdränge die Luft durch ein

Gas, verschließe mit dem Wachs die Öffnung und wäge wiederum. Fülle mit einem kleinen Trichter Wasser in die Birne und bestimme seine Masse. (Arthur W. Gray, School Science 1, 480; 1902.)

b) Schiebe auf den Gashahn einen Gummischlauch und verbinde sein freies Ende mit einem Gefäß, worin die Luft verdünnt worden ist (§ 27). Benutze dabei, wenn erforderlich, Zwischenstücke. Öffne zuerst den Gashahn, dann den Verschuß des Gefäßes. Warte nach dem Aufhören des Sausens noch einige Zeit und wäge dann das mit Gas gefüllte Gefäß. Es ist leichter geworden. Entferne sofort das Gas aus dem Gefäß und verhüte so eine Sprengung, die durch unvorsichtiges Annähern einer Flamme entstehen könnte. (R 1, 140.)

c) Bestimme mit der geeichten Glocke (S. 188 Nr. 370\*) die Masse von einem Liter Wasserstoff oder Kohlendioxyd. (MT 115.)

d) Verbinde durch die Röhre C (Fig. 486 b) den empfindlichen Druckmesser A (S. 270 Nr. 514\*\*) mit der 1 bis 1,3 m langen und 2 cm weiten Röhre B und befestige diese lotrecht in solcher Höhe,

daß die Verbindungsröhre C mit der Röhre des Druckmessers gleich hoch liegt. Fülle nun B durch die Röhre D mit Kohlendioxyd. Das schwere Gas treibt den Flüssigkeitsfaden in der Röhre des Druckmessers vorwärts. Regle mit dem Keil die Empfindlichkeit so, daß der Kuppenunterschied etwas mehr als 5,3 Teilungsstufen beträgt. Bringe dann durch schwaches Neigen der Röhre B

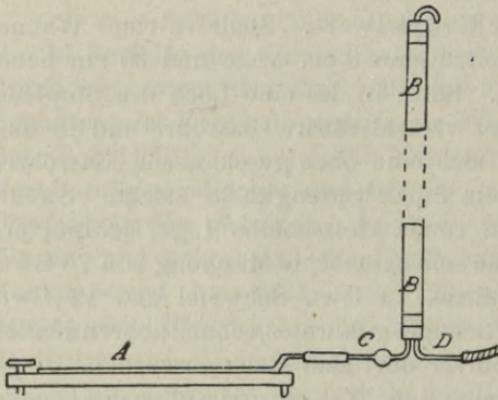


Fig. 486 b.

den Ausschlag genau auf 5,3 in Übereinstimmung mit der Dichte des Kohlendioxyds, bezogen auf Luft. Nach dieser Einstellung zeigt der Druckmesser die Dichte jedes Gases an, das man in die Druckröhre B einleitet. — Bei dem Erhitzen der Röhre B gibt der Druckmesser die Dichte der ausgedehnten Luft an. — Verdrängt man in der heißen Röhre B die Luft durch den Dampf eines flüchtigen Körpers, so erhält man seine Dampfdichte. — Leichtere Gase wirken saugend. Ein gewichtloses Gas würde denselben Ausschlag des Druckmessers bewirken wie ein Gas von der Dichte 2. Man hat also den abgelesenen Ausschlag von 1,0 abzuziehen, um die Dichte des leichteren Gases zu erhalten. Damit das leichte Gas nicht entweicht, muß man oben auf die Röhre einen Kork mit einer kurzen 1 cm weiten  $\Pi$ -Röhre setzen. (F. C. G. Müller, Z 2, 274; 1889 und 3, 125; 1889. MT 115.)

**579.** a) Lege Marmor auf die Wage und zeige, daß er schwer ist. Bringe in ein Glas ein Stückchen Marmor, gieß etwas Wasser

und dann etwas Schwefelsäure darauf. Gieß das sich entwickelnde Kohlendioxyd in ein Gefäß ( $\sim 1000 \text{ cm}^3$ ), das auf einer Wage abgeglichen worden ist. Die Wage schlägt aus (Fig. 487). Lege auf die andere Schale Papierstückchen und zeige, daß sie das Gleichgewicht noch nicht herstellen. Weise mit einer brennenden Kerze nach, daß das Gefäß mit Kohlendioxyd gefüllt ist. Nimm das Gefäß von der Schale, gieß das Kohlendioxyd aus und stelle das Glas wieder auf die Wage. Es hat wieder das alte Gewicht. (FF 29. FC 157.) Faraday hat hier die von ihm benutzte Säure nicht genannt; in den Anmerkungen ist Schwefelsäure angegeben. In FC 152 hat er Salzsäure benutzt.

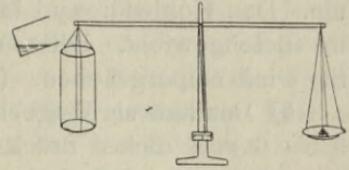


Fig. 487.

b) Hänge an die Wage mit Fäden eine große Papiertüte oder stelle sie auf die eine Schale, gleiche ab und gieß Kohlendioxyd in die Tüte. Der Ausschlag zeigt, daß das Gas schwerer ist als Luft. (BS 92 Nr. 98.)

**580.** Setze ein mittelgroßes Einmacheglas umgekehrt auf drei Holzstückchen, die auf der Schale einer Wage liegen. Bringe diese ins Gleichgewicht und laß in das Glas Wasserstoff (vgl. F 1, 29 § 15) oder Leuchtgas strömen. Die Schale mit dem Glase steigt empor.

**581.** Entferne von einem kleinen viereckigen Luftkissen aus Kautschuk den Verschuß, ersetze ihn durch ein Messingröhrchen und binde dieses mit umgewickelterm Bindfaden fest. Verschließe die Vorrichtung mit einem kurzen Kautschukschlauch und einem Stückchen Glasstab und befestige mit Bindfaden einen Drahtaken daran. Hänge den zusammengedrückten Beutel an eine Wage und gleiche ihn ab. Blase ihn auf, ohne zu starken Druck anzuwenden. Er bleibt so schwer wie vorher. Entleere durch Zusammendrücken den Beutel und fülle ihn mit Kohlendioxyd. Er ist jetzt schwerer. Fülle ihn mit Leuchtgas oder Wasserstoff. Er ist nun leichter als vorher. (WD 176.)

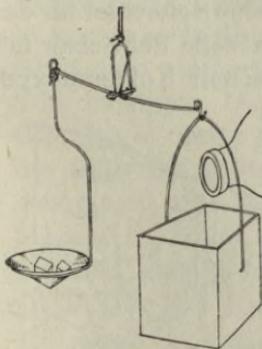


Fig. 488.

**582.** Gaswagen. a) Verfertige aus Draht die in Fig. 488 dargestellte Wage. Biege dabei alle beweglichen Teile  $\surd$ -förmig, um die Reibung möglichst klein zu machen. Lagere die Achse des Balkens etwas höher als die Tragestellen der Haken an den Enden des Balkens. Schlitze eine kreisförmige Papierscheibe vom Rand aus nach der Mitte zu, schiebe die Ränder übereinander und klebe sie zusammen. Benutze den flachen Kegel als Wagschale. Gib der Papierschachtel für das Gas die Gestalt eines Würfels von 12,5 cm Kantenlänge und hänge mit einem Drahtbügel den Behälter so auf,

daß du ihn umkippen kannst. Lege in die Schachtel einige Schrotkörner, bringe so die Wage ins Gleichgewicht und gieß dann Kohlendioxyd in die Schachtel. Sie senkt sich. Kehre nun die Schachtel um. Das Kohlendioxyd fällt heraus, und die Wage stellt sich wieder ins Gleichgewicht. Leite nun Wasserstoff in die umgekippte Schachtel. Sie wird emporgehoben. (Hs 86.)

b) Benutze als Wagebalken ein 90 cm langes, 2,5 cm breites und 3 bis 6 mm dickes Stück Blattholz. Ziehe durch den Mittelpunkt einer Seitenfläche die Längsachse. Mache mit der kleinen Klinge eines Federmessers in der Mitte der Geraden ein Loch, das jedoch nicht ganz durch das Holz geht. Faß mit der Flachzange die Nadel, stoße sie senkrecht durch das Holz und brich sie 3 mm von der Spitze entfernt ab. Treibe ebenso an jedem Ende der Geraden eine Nadel durch den Wagebalken. Diese beiden Nadeln müssen mit der mittlern genau auf der Längsachse des Balkens oder ein wenig darunter liegen. Die Abweichung darf aber nicht die Dicke der mittlern

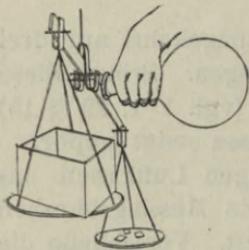


Fig. 489.

Nadel übersteigen; am besten liegen alle Nadeln in einer Ebene. Biege einen Blechstreifen  $\Pi$ -förmig um und die Enden wieder aufwärts. (Fig. 489.) Bohre in diese Aufhängegabel Löcher für die Lagerung der Nadel und kerbe die aufwärts gebogenen Enden ein; doch ist dies nicht unbedingt nötig, es reicht aus, wenn man die Enden so umbiegt, daß sie mit dem untern Rande der Löcher im Bügel bündig abschneiden. Schiebe die Gabel über die Nadel, wie es das Bild

zeigt. Verfertige ähnliche Bügel für die Nadeln an den Balkenenden, doch biege hier die Bügelenden nicht aufwärts. Hänge an die Enden des Balkens Wagschalen aus Glimmer, Holz oder Pappdeckel. Mache aus leichtem steifem Papier (aus braunem Packpapier) eine Schachtel für das Gas, setze sie auf die eine Schale oder hänge sie an Stelle der Schale mit Fäden an den Bügel. Fülle weithalsige Flaschen mit Kohlendioxyd, verkörke sie oder verschließe sie mit Papier- oder Blattsinnkappen. Gleiche die Schachtel genau ab und gieß Kohlendioxyd hinein. (Sl 72.)

c) Die schwimmende Wage (Fig. 490). Verfertige aus einer Holzleiste (aus einem Stück Blattholz) den Wagebalken. Setze ihn in einen kurzen Holzapfen ein, der in die Mitte einer Holzwalze eingekeilt ist. Diese sei 7,5 bis 10 cm lang und 2,5 cm dick. Ziehe in die Walze, genau dem Zapfen gegenüber, eine Holzschraube ein, an deren Kopf eine Blechscheibe gelötet ist. Diese dient als Gegengewicht und zugleich bei dem Drehen der Schraube als Handgriff. Befestige starr an den Enden des Balkens Haken aus Eisendraht oder

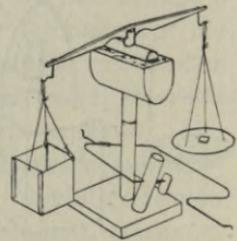


Fig. 490.

Messingdraht. Biege sie so weit abwärts, daß die Verbindungsgerade ihrer Enden etwas höher als die Walzenachse liegt. Benutze Glimmerscheiben als Wagschalen. Ersetze bei dem Wägen von Kohlendioxyd oder Stickstoffdioxyd die eine Schale durch eine leichte Papierschachtel, deren Kantenlänge 7,5 bis 10 cm ist. Hänge die Schalen und die Schachtel an Fäden auf. Benutze kleine Stücke Draht, Blech oder Blattzinn als Gewichte und Gegengewichte. Löte an den Boden des Blechgefäßes, dessen Gestalt aus dem Bilde zu ersehen ist, eine Hülse und schiebe sie auf einen lotrechten Ständer. Setze die Walze in das leere Blechgefäß und fülle es mit Wasser. Befeuchte dabei die ganze Oberfläche der Walze tüchtig. Bringe die Wage ins Gleichgewicht. Untersuche, ob sie kippst, und prüfe, ob sie eine Mehrbelastung von 10 mg\* noch anzeigt. Ist dies nicht der Fall, so erhöhe die Empfindlichkeit durch Drehen der Schraube im Wasser. Schneide aus dem Wagebalken, damit er ausreichenden Spielraum hat, auf beiden Seiten der Walze zwei Bogen aus. Diese Ausschnitte dürfen nicht zu tief sein, damit der Balken fest bleibt.

d) Eine andere Form der schwimmenden Wage liegt auf dem Grundbrett der Vorrichtung. Der hölzerne Wagebalken und der Tragezapfen sind durch einen Draht von der abgebildeten Gestalt ersetzt. Durch sorgfältiges Biegen und Verschieben kann man die beiden Schalenhaken in die richtige Höhenlage bringen und den Versuch ebensogut wie mit der ersten Wageform ausführen. (Sl 76.)

**583.** Verfertige aus einem Blatt Briefpapier (20 cm × 25 cm) eine 12,5 cm lange, 7,5 cm breite und 6,25 cm tiefe Schachtel (Fig. 491). Lege über einen dreikantigen Holzkeil, der niedriger als 6 mm ist, ein 30 cm langes Lineal und setze auf das eine Ende die Schachtel. Gelingt es nicht, auf dem Keil das Lineal genau ins Gleichgewicht zu bringen, so lege es so in die Schwebelage, daß es bei dem Hinzufügen eines winzigen Gewichts nach der beschwerten Seite umkippt. Gieße einige Tropfen Äther in ein Glas, laß es einige Minuten stehen, bis die Flüssigkeit verdunstet und das Glas mit Ätherdampf gefüllt ist. Halte nun das Glas so, als wolltest du eine Flüssigkeit in die Schachtel gießen. Bald sinkt die Schachtel. Halte ein brennendes Streichholz darüber. Das Aufblitzen zeigt, daß Ätherdampf in die Schachtel geflossen ist. (W 24 Nr. 23.)

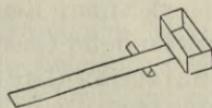


Fig. 491.

**584. a)** Fülle mit Kohlendioxyd das eine von zwei gleich großen Einmachegläsern, die mindestens 12 cm weit und 20 cm hoch sind. Eine in dieses Glas eingeführte brennende Wachskerze erlischt sofort, wieder angezündet, brennt sie in dem andern Glas hell weiter. Gieße nun das Kohlendioxyd wie eine Flüssigkeit aus dem ersten Glas in das zweite und weise mit der Flamme die Umfüllung nach.

b) Fülle ein großes Einmacheglas mit Kohlendioxyd, senke mit zwei Fäden oder mit einem Draht ein Trinkglas hinein, schöpfe damit aus dem großen Gefäß Gas und weise das Kohlendioxyd in dem Trinkglas durch das Erlöschen einer Kerzenflamme nach. (E. Fischer bei H K 528.)

c) Rebenstorff (Z 24, 230; 1911) gibt folgendes Verfahren an, um ein Einmacheglas mit Kohlendioxyd zu füllen: Befestige an der Innenwand eines Becherglases mit Siegellack eine Trichterröhre (Fig. 491 a). Lege in das Becherglas einige Natriumkarbonatkristalle. Halte das Becherglas in das Einmacheglas und gieße in die Trichterröhre ein wenig halb verdünnte Salzsäure.

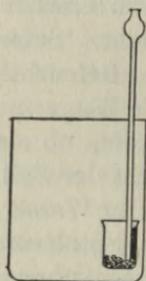


Fig. 491 a.

**585. a)** Pakaraman, das Gifftal auf Java. Bedecke den Boden einer Glaswanne mit Sand. Führe von einem Kohlendioxyderzeuger (F 1, 29 § 15) eine Gasentbindungsröhre mit einem kurzen lotrechten Ausflußschenkel in das Gefäß, bedecke die Mündung und einen großen Teil der Röhre ganz mit Sand und laß die Oberfläche des Sandes  $\sim 9$  cm unter dem Rande ganz unverändert. Zeige das Abstreifen einer Kerzenflamme und laß sie beim schnellen Herausziehen aus der Kohlendioxydschicht wieder zurückspringen. Lichter erlöschen an dieser Erdoberfläche auch in ziemlicher Entfernung von der unsichtbaren Ausströmungsöffnung.

b) Schlammhügel. Bringe die Öffnung, woraus das Kohlendioxyd ausströmt, nur 1 bis 2 cm unter die Oberfläche. Der Sand oder ein anderer lockerer Stoff (toniger Schlamm) wird emporgeschleudert; es entstehen kraterförmige Vertiefungen und Umwallungen.

c) Nimm Leuchtgas statt Kohlendioxyd (des Abends reicht der gewöhnliche Gasdruck aus) und ahme Erdfeuer, Feuerbrunnen, Schlammvulkane und Salsen nach. — (B. Schwalbe, Z 10, 231; 1897.)

**586. a)** Fülle einen Bierbecher (Glas) zur Hälfte mit Sodawasser, halte dicht über der Tischplatte ein hellbrennendes Streichholz lotrecht, mit der Flamme nach oben, und neige das Glas gegen die Flamme. Das Streichholz erlischt, ehe das Wasser den Rand erreicht. Weise mit einem brennenden Streichholz nach, wie hoch über dem Sodawasser die Kohlendioxydschicht reicht. Stelle als Gegenprobe diesen Versuch mit gewöhnlichem Wasser an. (Schwalbe, Unterrichtsbl. 3, 4; 1897.)

b) Fülle ein Einmacheglas mit Kohlendioxyd (vgl. F 1, 29 § 15) und gieß es wie eine Flüssigkeit über eine brennende kurze Stearinkerze. Die Flamme erlischt.

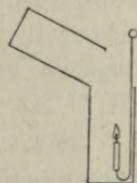


Fig. 492.

c) Man kann auch das Gas in ein anderes hohes Einmacheglas gießen, wovon man mit einem gekrümmten Draht ein brennendes Licht hält (Fig. 492). Man kann auch auf einem Kork,

der auf der Unterseite etwas ausgehöhlt ist, eine Wachskerze befestigen, oder sie unmittelbar auf den Boden des Glases kleben. (FF 31. FC 155.) Fängt man das Kohlendioxyd über warmem Wasser auf, so bedecke man das mit dem Gas gefüllte Einmacheglas unter Wasser zuerst mit einer Glasscheibe, stelle es auf den Tisch, lege auf das Einmacheglas statt der Scheibe doppelt zusammengefaltetes Fließpapier und darauf wieder die Scheibe und halte das Glas einige Zeit umgekehrt, bis das Fließpapier das Wasser aufgesogen hat. Auf diese Weise verhindert man nach Arendt (AT 325), daß eintropfendes Wasser die Flamme auslöscht. — Bei dem Eintauchen kleiner Flammen in Gläser, die mit Gas gefüllt sind, beschmutzt das abtropfende Wachs oft die Glaswand. Um eine zu große Annäherung an die Wand zu verhüten, biegt man aus 2 bis 3 mm starkem Messingdraht den Kerzenhalter so, wie Fig. 492a zeigt. Die kleine Kerze spießt man auf das Ende des Drahts oder steckt sie in eine kleine Hülse, die man dort angelötet hat. In

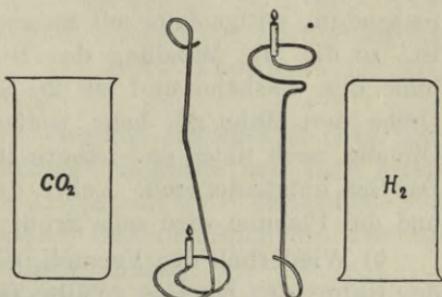


Fig. 492a.

dem Bild ist neben den Halter für Kohlendioxyd auch ein solcher für Wasserstoff gezeichnet. Bei diesem Gas bewegt man ziemlich schnell die Kerze aufwärts, nach ein bis zwei Sekunden wieder abwärts und aus dem Gefäß heraus. Arbeitet man rasch, so kann man die Kerzenflamme wiederholt auslöschen und an der großen Flamme in der Mündung des Gefäßes von neuem anzünden. (Rebenstorff, Z 24, 232; 1911.)

d) Man kann in das Einmacheglas auch ein Brettchen legen, worauf einige Wachskerzen von verschiedener Länge befestigt sind, oder einen treppenförmig gebogenen Draht oder Glasstab hineinstellen, auf dessen Stufen kleine Wachskerzen festgeklebt sind (Fig. 493).

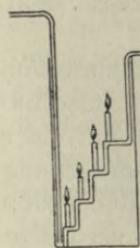


Fig. 493.

Die Dochte beschneidet man und macht so die Flamme winzig. Man leitet bis auf den Boden des Gefäßes einen kräftigen Strom Kohlendioxyd. Die unterste Flamme erlischt zuerst, dann die zweite usw. Vgl. S. 240 Nr. 466.

**586\*.** a) Schneide aus unechtem Blattgolde, das noch zwischen den beiden Papierblättern seiner Verpackung liegt, einen 6 cm × 2 cm großen Streifen. Hebe dann das obere Papierblatt ab und drücke gegen den Rand des bloß-

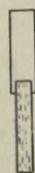


Fig. 493a.

gelegten dünnen Metalls das mit etwas Leim bestrichene Ende eines Papierstreifens (8 cm × 2 cm) (Fig. 493a). Stelle aus Büchern oder sonstwie eine Rinne her und stelle sie schräg auf. Halte das Gold-

blatt lotrecht vor das untere Ende und gieß auf das obere Ende Kohlendioxyd. Das Goldblatt wird zur Seite geweht.

b) Verfertige aus Pappe einen Ring und befestige hinabhängende Goldblattstreifen daran. Hänge an zwei kleinen einfachen Trägern den Ring kronenartig einige Zentimeter über der Tischplatte auf. Gieße in seine Mitte Kohlendioxyd. Die Streifen werden nach außen geweht. — (Rebenstorff, Z 24, 230; 1911. RP 1, 137.)

**587.** a) Halte über einen gewöhnlichen Gasbrenner ein etwas starkwandiges, weites Prüfglas (oder ein Einmacheglas [ $\sim 500 \text{ cm}^3$ ] oder ein gerades Lampenglas, das am obern Ende durch einen gut passenden, nötigenfalls mit Siegelack verkitteten Kork verschlossen ist), so daß die Mündung des Brenners innerhalb des Glases liegt, öffne den Gashahn und laß 20 Sekunden lang das Gas einströmen. Drehe den Hahn zu, halte weitere 20 Sekunden das Glas mit der Öffnung nach unten und nähere ihr dann ein brennendes Streichholz. Das Gas entzündet sich. Kehre das Glas um. Alles Gas steigt empor, und die Flamme wird sehr groß.

b) Wiederhole den Versuch, doch kehre sofort nach dem Zudrehen des Hahns das mit Gas gefüllte Gefäß mit der Mündung nach oben. Bringe nach  $\sim 20$  Sekunden ein brennendes Hölzchen an die Mündung. Es tritt keine Entzündung ein, weil das Gas entwichen ist. Man hüte sich, diese Versuche mit einer enghalsigen Flasche zu machen. (W V 151.)

c) Die Versuche kann man auch mit Wasserstoff ausführen.

## 2. Auftrieb\*).

**588.** Modell zur Erläuterung des Dasymeters (Fig. 494). Lege über eine Rolle eine Schnur, die an dem einen Ende eine Kugel aus schwerem Holz und an dem andern Ende eine Bleikugel trägt. Die Kugeln sind so groß, daß beide sich das Gleichgewicht halten, wenn sie in Wasser eintauchen. Hebere das Wasser ab. Die Holzkugel sinkt. (R 1, 159.)

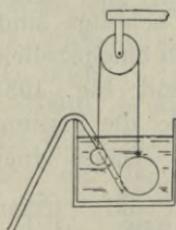


Fig. 494.

**589.** Versieh einen dünnwandigen Gummiballon mit einem Glasröhrchen, woran ein kurzer Kautschukschlauch nebst Quetschhahn sitzt. Gleiche auf einer nicht zu empfindlichen Wage die leere Vorrichtung ab und zeige, daß ihr Gewicht nicht zunimmt, wenn man den Ballon aufbläst. (R 1, 160.) Nach dem Aufblähen des Ballons verdichtet die gespannte Haut die eingeschlossene Luft etwas; auch werden Wasserteilchen in den Ball mit hineingeblasen. Vgl. den Versuch des Aristoteles S. 181 Nr. 365, S. 303 Nr. 581 und S. 315 Nr. 599\*.

\*) Vgl. S. 226 Nr. 449\* ff.

**590.** Befestige an der Spritzröhre eines dickwandigen Heronsballs mit einem kurzen dickwandigen Gummischlauch ein Glasröhrchen, woran mit etwas Kautschuklösung (gelöster Paragummi, ein nützliches Klebemittel, das die Gummiwarengeschäfte in Tuben verkaufen) der Hals eines Kautschukballons aufgeklebt ist. Lege auf die Wagschale neben den Heronsball den zusammengefalteten Ballon und gleiche ab. Drücke die Luft im Heronsball kräftig zusammen und lege die Vorrichtung wieder auf die Wagschale. Diese sinkt merklich. Öffne den Hahn. Die aus dem Heronsball entweichende Luft bläht den Ballon auf, und die Wage spielt wieder ein. (R 1, 160. R 2, 98. Karl Rosenberg, Vierteljahrsber. d. Wiener Vereins zur Förderung des physik. und chem. Unterrichtes. 10, 72; 1905. Kropp, Z 19, 361; 1906. Rebenstorff, Z 20, 224; 1907.)

**591. a)** Fülle das  $\sim 100 \text{ cm}^3$  fassende Prüfglas R (Fig. 495) mit  $\sim 25 \text{ cm}^3$  starker ( $\sim 50$  prozentiger) Kalilauge und füge kleine Bimssteinstücke oder baumwollene Lappen hinzu. Verschließe das Glas mit dem Kork A, durch dessen Durchbohrung die zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre hindurchführt, und streife das Schlauchstück B darüber. Entferne die Luft durch vorsichtiges Auskochen und verschließe B mit dem Glasröhrchen C, das in der Mitte ziemlich fein ausgezogen und hier mit etwas Stearin zugeschmolzen ist. Stelle einige dieser Röhrchen her und prüfe jedes vor dem Gebrauch durch Saugen mit dem Munde. Trockne die Röhrchen C sorgfältig vor dem Einschmelzen des Stearins. Diesen Aufsauger kann man längere Zeit luftleer aufbewahren, wenn man ihn umgekehrt in ein Gefäß mit Wasser genügend tief einsenkt und den herausragenden Schlauch B mit einem Quetschhahn verschließt. Befestige den Aufsauger an der Wage. Fülle mit luftfreiem Kohlendioxyd einen kleinen Gummiballon, der auf einem rechtwinklig gebogenen Röhrchen festgebunden ist. Die Gasentwicklungsflasche darf kein Sicherheitsrohr haben, damit der zur Ballonfüllung erforderliche Druck entsteht. Drücke das Schlauchstück D zu, hebe den gefüllten Ballon ab und verbinde ihn vorsichtig mit dem Röhrchen C. Binde das Knierohr mit einem Faden an dem Haken der Wage fest und bringe diese ins Gleichgewicht. Nähere dem Stearinverschluß ein brennendes Streichholz. Das Kohlendioxyd strömt in den Aufsauger. Nach kurzer Zeit sinkt die Wagschale, woran die Vorrichtung hängt, da diese ihren Raum verkleinert. (H. Rebenstorff, Z 12, 134; 1899.)

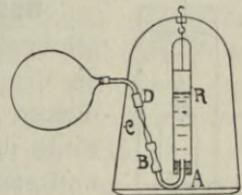


Fig. 495.

**b)** Schütte in ein dünnes Gummihäutchen, das sich zu einer Kugel aufblasen läßt, ein wenig Brausepulver, binde mit einer Schnur den Teil des Häutchens zusammen, worin das Pulver liegt, und gieß ein wenig Wasser in den Ballon. Binde sorgfältig die Mündung des Häutchens luftdicht zu und wäge den so gefüllten und verschlossenen

Ballon. Binde nun die Schnur auf, die das Pulver vom Wasser trennt. Das entstehende Kohlendioxyd bläht das Gummihäutchen zu einer Kugel auf, und die Wagschale, worauf der Ballon liegt, steigt empor. (J. Kraus, PB 11, 131; 1906. R 1, 160.)

**592.** a) Benutze die bei dem Versuch Nr. 368b auf S. 184 angegebene Vorrichtung. Laß die verschlossene Flasche in ein großes Gefäß eintauchen, decke es mit einem Pappdeckel zu. Dieser hat in der Mitte ein Loch für den Aufhängefaden und am Rand einen Ausschnitt für eine Glasröhre, die bis auf den Boden des Gefäßes reicht. Leite in das Gefäß Kohlendioxyd. Das Gleichgewicht wird gestört. Lommel. Lehmann (L F 1, 2, 980) verwendet Chloroformdampf.

b) Hänge zwei gleich große Flaschen übereinander und laß die untere in das Gefäß mit Kohlendioxyd tauchen. Der Auftrieb wird ausgeglichen, wenn man in die obere Flasche Kohlendioxyd hineinleitet. (Métral, L N 1, 66, 1900. L F 1, 2, 981.)



Fig. 495 a.

**592\*.** Nimm eine Senkwage für Flüssigkeiten, die schwerer als Wasser sind (S. 54 Nr. 96), und befestige an der Spindel mit Zwirn einen handlangen und 1 mm dicken Aluminiumdraht (Fig. 495 a). Kite auf das obere Ende des Drahts mit Siegelack eine kleine Papierschale und stelle einen etwa tassengroßen Würfel aus gefirnißtem oder paraffiniertem Papier darauf. Stich mitten in den Boden des Würfels ein kleines Loch für das Drahtende.

Beschwere die Wage unten mit feinen Streifen Bleiblech so stark, daß das untere Ende des Aluminiumdrahts beim Schwimmen ins Wasser einsinkt. Ist die Wage zu stark beschwert, so binde mit Zwirn zwei kleine Korkstücke an den Flaschenhals. Biege die Bleibelastung des Flaschenbodens so, daß die Wage lotrecht schwimmt. Fülle mit Leuchtgas oder Wasserstoff ein umgekehrtes Glas und stülpe es über den Würfel, ohne ihn zu berühren. Der Draht sinkt tiefer ins Wasser ein. In dem leichten Gas ist der Auftrieb kleiner als in der Luft. (R P 2, 64.)

### 3. Seifenblasen\*).

**593.** Fülle mit kalter Luft eine Seifenblase. Sie sinkt. Mit dem Mund aufgeblähte Seifenblasen steigen.

**594.** a) Bringe mit einem Glasstab einen Tropfen guter Seifenlösung auf die oben trichterförmig erweiterte Mündung einer lotrechten, ziemlich engen Glasröhre und verbinde diese durch einen längern

\*) Vgl. über die Bereitung der Seifenlösungen S. 86 Nr. 174 und über die Herstellung von Seifenblasen und Versuche damit S. 97 Nr. 194ff. Siehe auch F<sup>3</sup>, 325 Nr. 650.

Kautschukschlauch mit einem Wasserstofferzeuger. Löse die sich bildende Blase durch heftiges Schütteln der Röhre rechtzeitig ab und entzünde die sehr rasch aufsteigende Kugel, wenn du kannst. Da mit Wasserstoff gefüllte Seifenblasen häufig vorzeitig zerplatzen, so sind sie für Klassenversuche nicht zu empfehlen. (HK 163.)

b) Stelle mit dem Mund eine Seifenblase her und laß dann so viel Wasserstoff hineinströmen, daß sie aufsteigt. Sie läßt sich bequem anzünden.

**595.** a) Schiebe über den Gashahn oder, wenn keiner da ist, über einen Brenner (F 1, 11 § 7) das eine Ende eines Kautschukschlauchs und stecke in das andere Ende den Stiel einer Tonpfeife oder eines kleinen Glastrichters, dessen Mündung nicht über 3 cm weit ist. Tauche in eine Seifenlösung die Mündung der Pfeife oder des Trichters, kehre sie nach oben und öffne den Gashahn recht allmählich. Schließ ihn wieder, sobald die Blase faustgroß ist, und schüttle sie ab. Läßt man den Hahn länger offen, so bildet sich eine größere Kugel und reißt sich von selbst los. Die Blasen steigen rasch bis an die Decke des Zimmers. Ist man behende genug, so kann man sie in der Luft mit einem brennenden gefalteten Papierstreifen entzünden. Langsamer steigende Blasen erhält man, wenn man sie zuerst mit dem Munde bläst und dann noch Leuchtgas einströmen läßt. Man kann auch leichte Scheibchen aus dünnem Papier oder aus Guttapercha, woran man mit einem feinen Faden eine Gondel oder ein Männchen aus sehr dünnem Seidenpapier befestigt hat, mit Seifenlösung befeuchten und an die Blase behutsam ansetzen, solange diese noch an der Pfeife haftet. Nach dem Loslösen der Kugel kann man den Faden ergreifen und den Ballon festhalten.

b) Fülle eine Seifenblase nur mit Leuchtgas, löse, sobald sie hübsch groß ist, die Pfeife vom Gasschlauch und entzünde das aus der Stielöffnung ausströmende Gas. (Sl 200.)

**596.** a) Gieße in ein breites und tiefes Glas eine 1 bis 2 cm hohe Schicht Selterwasser und sauge mit einem Strohalm das Wasser wieder ab. Wiederhole dieses Verfahren mehrmals. Zuletzt ist das Glas mit dem Kohlendioxyd ganz gefüllt, das das Selterwasser ausgeschieden hat. Bedecke das Glas mit einer Untertasse, damit sich das Gas nicht mit der Luft mischt.

α) Blase mit einem Strohalm, der an einem Ende in vier Teile gespalten ist, eine Seifenblase und laß sie in das mit Kohlendioxyd gefüllte Glas fallen. Sobald sie das Gas erreicht, springt sie wie ein auf den Fußboden fallender Gummiball zurück. Sie kommt zur Ruhe, wächst, wird schwerer, sinkt, berührt das Glas und zerplatzt.

β) Laß in ein mit Luft gefülltes Glas eine andere Seifenblase fallen. Sie zerplatzt, sobald sie den Boden erreicht. (TT 1, 61.)

b) Setze auf einen Dreifuß ein ziemlich großes Glasgefäß mit der Öffnung nach oben (Fig. 496). Man kann auch ein Weißbierglas

nehmen. Schütte auf den Boden des Gefäßes eine Mischung aus gleichen Teilen Natriumbikarbonat und Weinsäure. Die zu verwendenden Massen beider Pulver richten sich nach der Größe des Behälters

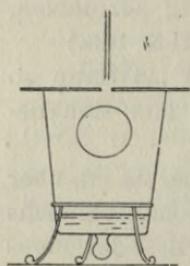


Fig. 496.

und der Höhe der Kohlendioxydschicht, die man darin erzeugen will. Je 4 gr Natriumbikarbonat liefern 1 l Kohlendioxyd. Lege über die Öffnung der Glasglocke ein Stück Pappe, das in der Mitte ein rundes Loch hat, weit genug, ein Glasröhren bis zu dem Boden des Gefäßes hindurch zu führen. Fülle in das Glas mit dem Röhren und mit einem kleinen Trichter nach und nach kleine Mengen Wasser, bis das Pulver ganz bedeckt ist. Zieh, sobald die Kohlendioxydentwicklung aufhört, aus dem

Glas das Röhren, tauche es in eine Schale mit guter Seifenlösung und erzeuge eine Blase von  $\sim 10$  cm Durchmesser. Halte das Röhren mit der Kugel lotrecht über den Karton, ziehe ihn behutsam weg und laß in der Achse des Glases die Blase fallen. Sinkt sie aus einer ziemlichen Höhe hinab, so springt sie im Glas, wie von einer Feder zurückgeschnell, wieder empor und schwingt mehrmals auf und ab, bevor sie zur Ruhe kommt. Bedecke jetzt wieder das Glas mit der Pappe. Die Seifenblase schwimmt auf der unsichtbaren Kohlendioxydschicht wie ein Luftballon. Bald dringt das Gas in das Innere der Blase, vergrößert ihr Gewicht und bewirkt, daß sie sinkt. (T 175.)

c) Laß Seifenblasen in einen lotrechten großen Trichter fallen, der von unten her mit Kohlendioxyd bis zum Überfließen gefüllt ist (Keßler bei A T 325). Stellt man mit Salzsäure das Kohlendioxyd dar, so enthält das Gas oft Säuredämpfe, die die Seifenblasen zerstören. Leite daher das Gas durch etwas Wasser in einer Waschflasche und befreie es so von den Säuredämpfen.

**597.** a) Fülle ein Gefäß zum Teil mit Kohlendioxyd und lege einen mit Luft gefüllten kleinen Ballon hinein. Er schwimmt auf dem Gas, und wir können daran die Höhe erkennen, bis zu der es das Gefäß füllt. Gieß noch mehr Kohlenoxyd hinein. Der Ballon wird höher emporgehoben. Blase, sobald das Gefäß mit dem Gas nahezu gefüllt ist, auf das Kohlendioxyd eine Seifenblase. Sie schwimmt darin wie vorher der Ballon. (F C 157.) Rebenstorff (Z 24, 230; 1911) meint, der durch Luft aufgeblähte Ballon müsse recht groß sein, wenn er auf Kohlendioxyd schwimmen solle.

b) Schließ an die Gasleitung ein Gummigebläse an und treibe damit einen Gummiballon bis zur Größe von 2 bis 3 l auf. Er steigt in der Luft noch nicht empor. Lege ihn in ein großes Glasgefäß und leite auf den Boden des Behälters Kohlendioxyd. Der Ballon wird allmählich gehoben. Rebenstorff (Z 24, 230; 1911. Z 20, 224; 1907. Z 19, 98; 1906).

## 4. Luftballon.

**598.** Die Montgolfière (Fig. 497). Stelle den Ballon her aus dünnen, nicht porigen Seidenpapieren von verschiedenen Farben; wähle etwa Hellgrün, Weiß und Rosa oder Lichtgelb, Hellblau und Weiß. Klebe, um die erforderlichen Längen zu erhalten, mit gutem Kleister (F 1, 1 § 1) je zwei Bogen aneinander. Schneide aus den Seidenpapieren zwölf Streifen so, wie sie in Fig. 497 A gezeichnet sind.

Legе die Bogen beim Schneiden aufeinander, damit alle Streifen genau gleich ausfallen. Klebe die Streifen so aneinander, daß der in B abgebildete Ballon entsteht. Die ersten drei oder vier Streifen lassen sich leicht und genau aneinander kleben, dann wird die

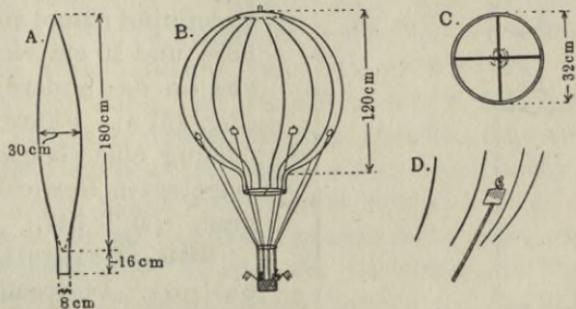


Fig. 497.

Arbeit schwieriger, da sich nun die Streifen wölben. Faß daher mit der linken Hand von unten her in den Ballon und tupfe mit einem reinen Tuch die Streifen von außen an. Setze auf den Scheitel eine kleine Kappe aus Papier. Klebe in die untere Öffnung, um sie aufzusperren, einen leichten Reifen aus Rohr oder Weidenrute und versieh diesen mit einem Kreuz aus dünnem Eisendraht (C). Mach an den Enden von sechs leichten, aber festen Zwirnsfäden Knoten und klebe sie an der untern Hälfte des Ballons mit Papierstückchen fest, wie es die Bilder B und D zeigen. Laß in einem kleinen Pappiring alle sechs Fäden zusammenlaufen und befestige sie dann an der Gondel, an einem kleinen Papierkästchen. Diese Arbeiten erleichtert man sich, wenn man an dem Scheitel des Ballons eine kleine Schnurschleife anbringt und damit den Ballon an einem durch eine Stehleiter gesteckten Stock oder an einem Kronleuchter in der Mitte der Stube aufhängt. Laß den Ballon nur an einem recht windstillen Tag und an einem Ort aufsteigen, wo Feuer keinen Schaden anrichten kann. Laß einen Gehilfen sich auf einen Stuhl stellen und mit ausgestrecktem Arm den Ballon an der obern Öse halten und befestige an dem Drahtkreuz des Ringes Watte, mit Weingeist getränkt und halb so groß als eine Faust. Halte mit der linken Hand den Sperreifen fest und mit der rechten eine kleine Weingeistlampe so tief unter die Öffnung, daß sich die Watte nicht entzündet. Der Ballon bläht sich auf und wird schließlich straff und faltenlos. Entzünde jetzt die Watte mit der Lampe und setze diese beiseite, doch halte mit der linken Hand den Sperreifen andauernd fest. Greife nun auch mit der rechten Hand zu. Der Gehilfe gebe nun den Ballon frei. Warte selbst noch einen

Augenblick und laß dann ebenfalls das Luftschiff los. (D 52.) K. Antolik (Z 4, 126; 1891) gibt für die gefahrlose Füllung folgende Anweisung: Mach in das untere Ende eines  $\sim 50$  cm hohen Ofenrohrs 50 bis 60 große Löcher, spanne oberhalb dieser einige Drähte quer aus und stelle das Rohr auf den Boden. Befeuchte mit Weingeist eine Handvoll Werg, zünde es an und wirf es in die Röhre. Bedecke diese mit einem Metallsieb und halte den Luftballon darüber.

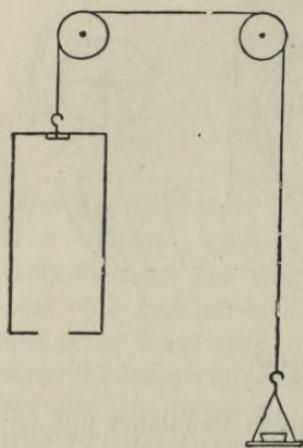


Fig. 497 a.

**598\*.** Führe über zwei feine Rollen einen Faden und hänge an das eine Ende eine 40 cm hohe und 20 cm weite Hohlwalze aus Pappe und an das andere Ende ihr Gegengewicht (Fig. 497 a). Führe in die 8 cm weite Bodenöffnung eine Flamme ein und bestimme mit aufgelegten Gewichten (bis 3 gr) die Steigkraft. (M T 147.)

**599.** Herstellung von Kollodiumballons. Verwende statt des gewöhnlichen Kollodiums (zu 4%) der Apotheken das besonders zu bestellende Collodium triplex (zu 6%) und verstärke diese Lösung noch dadurch, daß du sie im Freien bei recht trockenem Wetter mehrmals aus einem Gefäß

in ein anderes umgießt. Setze zu dem Kollodium eine ätherische Lösung eines Anilinfarbstoffs (Methylviolett) hinzu, mische beides durch Schütteln und Herumwälzen der Flasche und laß diese dann längere Zeit stehen. Reinige einen Rundkolben (von 9 bis 10 cm Durchmesser und mit kurzem, nicht zu engem Hals), dessen Innenwand möglichst frei von eingeschmolzenen Luftbläschen ist, erst mit Sand oder mit Filterpapierstückchen und Wasser, dann mit Salpetersäure oder mit Kaliumdichromat, laß dieses tagelang kalt oder einige Stunden lang heiß (im Wasserbade) darin stehen, spüle mit Wasser reichlich nach und trockne schließlich mit Alkohol und Äther. Schwenke nun mit dem Kollodium den Kolben gleichmäßig aus, gieß den Überschuß ab, verschließe die Mündung mit einem Kautschukstopfen, durch dessen Durchbohrung ein kurzes Glasröhrchen führt, halte den umgekehrten Kolben lotrecht dicht über die Flasche mit Kollodium, lege nach zwei Minuten die warme Hand auf den Kolben, nimm den Stopfen ab und klemme den Kolben fest, ohne seine Stellung zu ändern. Reinige sofort mit glattem Seidenpapier die Oberfläche des Stopfens und mit einem Glasstäbchen seine Durchbohrung. Laß den Kolben wenigstens eine Stunde lang stehen. Löse nun an der Kolbenmündung mit einem Messer die Kollodiumhaut ringsherum los und hebe sie durch geringes Unterschieben der Klingenspitze  $\sim 1$  cm weit vom Glas ab. Versieh mit einem kurzen Kautschukschlauch eine Glasröhre, die so dick wie ein Bleistift und 25 cm lang ist und

deren Enden gut rund geschmolzen sind, und senke ihr freies Ende durch den Kolbenhals 1 bis 3 cm tief in den Bauch des Kolbens ein. Drücke nun mit dem Zeigefinger ein Stück des losgelösten Ballonhalses gegen die Glasröhre und drehe mit der andern Hand den Kolben um die Glasröhre als Achse. Hierbei löst sich die Ballonhaut von der Kolbenwand los und legt sich in lockern Windungen um die Glasröhre. Halte diese recht leicht in der Hand, um jede schädliche Spannung zu vermeiden. Nimm nach einigen Umdrehungen den Zeigefinger weg. Löse durch fortgesetztes Drehen des Kolbens oder der Glasröhre die Kollodiumhaut von dem größern Teil des Kolbenbauchs los; hüte dich dabei, mit der Röhre dem Kolbenboden zu nahe zu kommen. Zieh nun unter Drehen im gleichen Sinn Glasröhre und Ballon aus dem Kolben und blase sofort, doch nicht zu schnell, den Ballon zu einer Kugel auf. Hierbei löst sich auch der Ballonhals von der Röhre, so daß du diese herausziehen kannst, wenn dies erwünscht ist. Drücke unter Drehen der Glasröhre die Wand des Ballonhalses wie das lose Deckblatt einer Zigarre an die Röhre an, blase den Ballon wieder schwach auf und verschließe durch einen kurzen Glasstab das Schlauchstück an der Röhre. Spanne die Glasröhre lotrecht ein, binde durch nicht zu straffes Umschnüren mit weichem Baumwollgarn den Ballonhals auf der Röhre fest. Zieh den Glasstab heraus, blase den Ballon zu der erwünschten Größe auf, verschließe den Schlauch wieder und laß den Ballon völlig erstarren. Kleine Öffnungen dichte man, indem man mit einem Glasstäbchen einen Tropfen Kollodium recht schnell darauf tupft, den Innendruck des Ballons fast aufhebt und eine halbe Minute lang mit dem Mund oder mit einem Lötrohr gegen den Tropfen bläst. (H. Rebenstorff, Abhandl. d. naturw. Gesellschaft Isis zu Dresden, 1904, S. 15 ff.)

**599\*.** Gummihauthülle. a) Kaufe einen kugelrunden Jahrmartballon, der unterhalb der Abschnürung ein langes Halsstück hat. Zerschneide mit einem scharfen Messer oder mit einer feinen Schere vorsichtig den Faden, der den Hals zuzsnürt. Hülle den entleerten Ballon in Blattzinn oder in Papier und bewahre ihn in einem Blechkistchen auf. Stelle in den Behälter eine offene Flasche mit Salizylwatte und befeuchte diese nach langen Zwischenzeiten mit etwas Wasser. Streife, wenn du den Ballon mit Atemluft füllen willst, seinen Hals über das ausgezogene und umgebogene Ende einer mindestens 50 cm langen Glasröhre und halte diese beim Hineinblasen nach oben, damit keine Feuchtigkeit in den Ballon hineinfließt. (Fig. 497 b.) Eine solche Gummihauthülle hält sich nur wenige Monate. Schädlich sind besonders Sonnenschein, trockne Luft, andauernde strenge Kälte, scharfe Kanten und Spitzen (Glassplitter). Knete vor dem Gebrauch

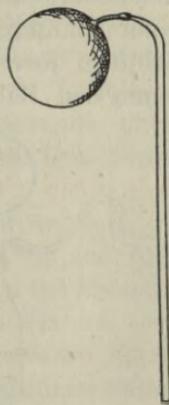


Fig. 497 b.

eine Weile den Ballon leicht zwischen den Händen, wenn er längere Zeit entspannt aufbewahrt worden ist. Blähe ihn nur nach und nach bis zur Prallheit auf. Drücke dabei während jeder Atempause den Hals zu und halte so die Haut gespannt. Ballons, die man nach längerem Lagern rasch aufbläht, platzen leicht. (R P 1, 58.)

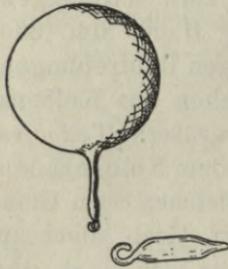


Fig. 497c.

b) Rebenstorff (R P 1, 57) benutzte kugelförmige Gummiballons mit engem Hals (Fig. 497 c). Dieser wird nach dem Aufblähen des Ballons durch ein leichtes Gas beim Abstreifen von dem Gasentwickler mit den Fingern zusammengedrückt und mit einem benetzten leichten Glasstöpselchen verschlossen. Dieses hat ein Häkchen für den Faden, der den Ballon fesselt. Das Hüllengewicht, das auf einen Liter der Füllung entfällt, muß kleiner als 1,1 gr\* sein. Die Ballons werden von

Penin zu Leipzig hergestellt und sind von Gustav Müller zu Ilmenau oder von Märklin zu Göppingen zu beziehen.

**600.** Die Charlière. a) Setze in die Enden A und B (Fig. 498) einer weiten Glasröhre, die mit Watte oder Kalziumchlorid gefüllt ist, mit guten Korken Glasröhren ein, wovon C rechtwinklig gebogen und etwas ausgezogen ist. Verbinde A durch einen Kautschukschlauch mit dem Wasserstoffzerzeuger. Er darf keine Sicherheitsröhre haben, damit der zur Füllung erforderliche Druck entsteht. Schiebe, sobald das Gas alle Luft aus A B verdrängt hat, über das Ende von C eine große Tüte aus sehr dünnem und leichtem Papier oder eine Hülle aus Goldschlägerhaut, dünner Fischblase, Kollodium oder dünner Gummihaut. Befreie vorher

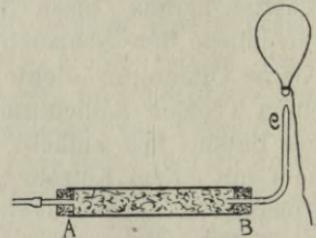


Fig. 498

die Hülle von Luft durch Aussaugen oder durch vorsichtiges Zusammendrücken zwischen den flachen Händen und versieh die Hülle mit einer Schlinge aus dünnem Seiden- oder Baumwollfaden. Ziehe die Schlinge lose zu, sobald die Hülle mit Wasserstoff gefüllt ist, und nimm den Ballon von der Röhre C ab. Er steigt rasch zur Decke empor. Hänge an den Ballon eine bemannte leichte Gondel aus Papier, die mit Schrot, Sand u. dergl. beschwert ist, und zeige, welche Wirkungen das Auswerfen von Ballast hat. Befestige an einem Faden, der vom Ballon herabhängt, ein Stück Papier. Reiß nach und nach vorsichtig so viel davon ab, daß der Ballon gerade in der Luft schwebt. Reiß noch ein Stückchen

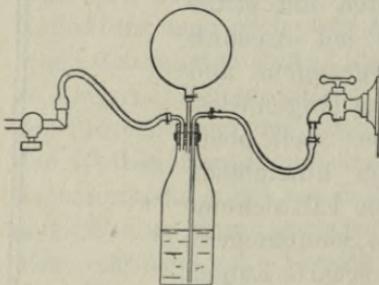


Fig. 499.

Papier ab. Der Ballon steigt höher empor. Ist die Hülle groß, federnd und leicht, so kann man sie auch mit Leuchtgas füllen. Fig. 499 zeigt, wie man die Füllung mit Hilfe der Wasserleitung ausführt, falls das Gas nicht den nötigen Druck hat. Man kann auch auf eine ausgezogene Glasröhre die Hülle und mit Müllers Glocke (S. 188 Nr. 370\*) oder mit einer Verdichtungspumpe das Gas hineindrücken. Benutzt man zur Füllung ein Gummigebläse mit Sicherheitsverschluß, so verbindet man den Saugschlauch mit der Gasleitung.

b) Sehr handlich hat Rosenberg (R 1, 397) den Versuch eingerichtet. Er verwendet eine kleine starkwandige Flasche (Fig. 499 a), setzt in den gut schließenden weichen Gummistopfen das Kalziumchloridrohr (bei a Watte, bei b trocknes Kalziumchlorid) ein, streift den Hals der zusammengefalteten Kautschukhülle darauf und bindet ihn mit dünnem weichem Kupferdraht an. In die Flasche legt er Zinkblechschneitzel, gießt etwas Wasser darüber und dann die erforderliche Menge starker Schwefelsäure und setzt den Stopfen mit der Röhre ab erst auf, wenn sich das Gas lebhaft entwickelt. Die Hülle bläht sich auf. Ist sie hinreichend gefüllt, so schnürt man dicht über der Ansatzröhre ihren Hals zusammen mit einer vorher schon herumgelegten Schlinge aus weichem Seidenfaden, entfernt den Kupferdraht und streift den Ballon ab. — Nach Rebenstorff (Z. 19, 98; 1906) ist die Trockenröhre überflüssig. Er setzt in den Stopfen eine 20 cm lange und 8 mm weite Glasröhre und befestigt an ihrem ausgezogenen oberem Ende die Hülle.

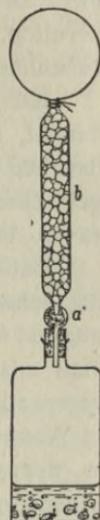


Fig. 499 a.

c) Passe in eine Flasche von mindestens 600 cm<sup>3</sup> Inhalt einen weichgedrückten guten Kork oder besser einen Gummistopfen fest und luftdicht ein. Durchbohre den Pfropfen und setze eine oben spitz ausgezogene Glasröhre ein von mindestens 0,7 cm Weite und 20 cm Länge. Streife auf die Rohrspitze einen Gummischlauch, blase kräftig hinein und drücke sofort den Schlauch fest zu oder verschließe ihn mit einem zugeschmolzenen Glasröhrchen. Tropfe Wasser auf den Stopfen und sieh nach, ob durch die Flüssigkeitsschicht Luftblasen brodeln. Bringe nach einer Minute das freie Schlauchende unter Wasser und öffne dann den Schlauch. Tritt ein kräftiger Strom Luftblasen heraus, so schließt der Stopfen dicht.

Fülle, wenn die Hülle bis auf 4 l aufgebläht werden soll, die Flasche etwa zu zwei Dritteln mit „Einmacheessig“ (8 %) und füge 4 gr Magnesiumspäne hinzu (Magnesiumfabrik Hemelingen bei Bremen). Bei Benutzung von „Essigessenz“ (80 %) fülle man die Flasche etwa zu zwei Dritteln mit Wasser und füge 35 cm<sup>3</sup> dieser Säure hinzu. Am besten bereitet man sich einen größern Vorrat verdünnter Säure. Man gießt zu je einem Liter Wasser etwa 90 cm<sup>3</sup> der achtzigprozentigen

Essigessenz hinzu. Um zu prüfen, ob die Säure die erforderliche Stärke hat, gießt man eine kleine Menge davon in ein Glas und schüttet Magnesiumspäne hinein. Bleiben diese dauernd auf der Säure schwimmen, so ist sie zu stark. Sinken die Späne sofort zu Boden, so ist die Säure zu schwach. Bleiben die meisten Späne zunächst an der Oberfläche, sinken sie nach einigen Augenblicken immer zahlreicher tiefer und steigen sie dann beständig auf und ab, so hat die Säure die richtige Stärke. — Statt Essig kann man verdünnte Salzsäure nehmen. Man fügt zu  $\sim 400 \text{ cm}^3$  Wasser, die die Flasche zu zwei Dritteln füllen,  $40 \text{ cm}^3$  starke Säure. Will man einen Vorrat bereiten, so gießt man einen Raumteil Säure mit 10 Raumteilen Wasser zusammen.

Kniffe ein Blatt Papier zu einer Rinne, lege die Magnesiumspäne darauf, schütte sie zu der verdünnten Säure in der Entwicklungsflasche, wische mit dem Finger die Späne weg, die im Hals haften geblieben sind, und setze den Stopfen mit der Glasröhre auf, woran zuvor die Hülle befestigt worden ist.

Ballons mit engem Hals (S. 316 Nr. 599\*b) lassen sich bequem auf die schwach angefeuchtete Röhrenspitze so aufschieben, daß sie genügend fest sitzen. Entleerte Jahrmarktballons (S. 315 Nr. 599\*a) schnürt man mit Zwirn auf dem Röhrenende fest. — Hat man einen Kork verwendet, so taucht man ihn kurz vor dem Aufsetzen auf die Flasche in Wasser, drückt ihn dann fest und dreht ihn dabei schwach immer in demselben Sinn. Einen Gummistopfen drückt man fest in den Flaschenhals hinein und dreht ihn abwechselnd in dem einen und in dem andern Sinn hin und her. — Nach dem Verschließen der Flasche bläht sich die Hülle auf. Hebe sie dabei anfangs ein wenig mit den Fingern an, damit der Hals nicht einknickt. Löse den Ballon los, sobald er sich zu einer prallen Kugel aufgebläht hat, und verschließe ihn. Drücke bei Ballons mit engem Hals mit zwei Fingern der linken Hand den Hals oberhalb der Röhrenspitze zu und streife mit der andern Hand den Schlauch von der Röhre. Dann benetze ein wenig den kleinen Glasstöpsel (S. 316 Nr. 599b), woran schon ein Faden befestigt ist, und schiebe den Stöpsel in den Hals des Ballons. Das Verschließen eines festgebundenen weithalsigen Ballons ist besonders behutsam auszuführen. Drücke mit zwei Fingern der linken Hand den Hals des Ballons und oft noch einen Teil der Kugelhülle fest zu. Schneide den Zwirnfaden vorsichtig los. Streife den Hals des Ballons von der Röhre ab, drücke nun schnell mit zwei Fingern der freien Hand auch noch die Mündung der kurzen Gummiröhre zu. Laß dicht über der fest zusammengedrückten Stelle, also zwischen den Fingern und der Ballonkugel, einen Gehilfen den Ballon mit Faden straff und oft umschnüren und fest zubinden. — Knüpfe an den Haltefaden nahe bei dem Ballon eine oder etliche Schlingen und hänge so viel Drahtaken daran, daß sich der Ballon gerade schwach vom

Tisch erhebt und ein Stückchen Faden mit emporzieht. Die Summe der Drahtgewichte, vermehrt um das Gewicht der Hülle und des Verschlusses, ergibt die Steigkraft.

*α)* Befestige mit einem 1 bis 2 m langen Faden den Ballon an einem Anker auf dem Tisch. Blase aus der Ferne gegen den Ballon. Er bewegt sich. Trifft der Luftstrom ihn seitlich, so dreht er sich oder neigt sich senkrecht zu der saugenden Luftströmung.

*β)* Hänge Drahthaken an die Schlingen des Haltefadens, bis nur eine geringe Steigkraft übrig bleibt. Man kann jetzt mit dem Ballon die schwächsten Luftströme nachweisen. Bringe ihn in die Nähe des Heizkörpers. Der Ballon gebärdet sich wild, losgelassen steigt er zur Decke, eilt daran entlang zum Fenster hin und wandert von dort mit der herabsinkenden kalten Luft bis zum Boden.

*γ)* Befestige am Ballon statt des langen dünnen Fadens einen kurzen dicken oder eine leichte Kette und zeige damit die Wirkung des Schleppseils. — 25 Doppelglieder der Kette sind  $\sim 12\frac{1}{2}$  cm lang und wiegen sehr nahe 1 gr. Nach je 10 Gliedern ist ein Stückchen weiße Schnur mit queren Enden festgeknotet. — Laß Sonnenschein auf den Ballon fallen. Er hebt ein längeres Stück des Seils. Seine Steigkraft wächst.

Zu der Entwicklung des Wasserstoffs kann man auch kobaltiertes Zink verwenden. Bedecke Zinkstückchen eben mit einer Lösung einiger Gramm Kobaltochlorid in Wasser und setze wenige Tropfen Salzsäure (Schwefelsäure) hinzu. Laß das Ganze einige Tage lang stehen und rühre öfters um. Gieße die Lösung ab, spüle mit Wasser nach, breite die Zinkstückchen auf einem Brett aus und laß sie trocknen. — Bringe in die Flasche ( $600\text{ cm}^3$ ) etwa 15 gr kobaltiertes Zink und gieß verdünnte Schwefelsäure von der Dichte  $1,15\text{ gr/cm}^3$  darüber. Verdünne die Schwefelsäure außerhalb der Entwicklungsflasche. Gieß dabei starke Schwefelsäure ( $\sim \frac{1}{10}$ ) langsam in das Wasser und rühre um. Bei Verwendung von kobaltiertem Zinkblech und Salzsäure setzt man zu dem Wasser ( $400\text{ cm}^3$ ) etwa  $50\text{ cm}^3$  starker Säure hinzu. (R P 1, 56—72. Rebenstorff, Z 18, 290; 1905. Z 19, 98; 1906. Z 20, 224; 1907.)

**601.** Bringe in ein großes Einmacheglas einen kleinen Kollodiumball, der mit einem Gemisch aus Luft und Wasserstoff so gefüllt ist, daß er sich eben aufrichtet, aber nicht steigt. Fülle das Glas schnell mit Kohlendioxyd. Der Ballon steigt allmählich bis zu dem Rande des Gefäßes empor. (E. Fischer bei HK 528.)

## II. Der Bau der Gase und seine Eigenschaften.

### § 31. Löslichkeit der Gase.

#### 1. Löslichkeit der Gase in Flüssigkeiten\*).

**602. a)** Fülle mit Wasser ein Prüfglas, das so weit ist, daß es sich eben noch mit dem Daumen sicher verschließen läßt, tauche es mit der Mündung in Wasser und fülle es etwa zu drei Vierteln mit Kohlendioxyd. Verschließ unter Wasser mit dem Daumen die Mündung des Glases, hebe es aus dem Wasser heraus, schüttele es recht kräftig, tauche es wieder ein und öffne die Mündung unter Wasser. An die Stelle des gelösten Kohlendioxydes tritt etwas Wasser in das Prüfglas. Wiederhole das Verfahren, bis das Glas zum größten Teil mit Wasser gefüllt ist.

**b)** Fülle etwas Wasser und dann Kohlendioxyd in ein Gefäß, bedecke es mit einer Glasplatte, schüttele es kräftig und kehre es um. Der Deckel haftet an dem Gefäß.

**c)** Fülle über kaltem Wasser eine Flasche (1000 cm<sup>3</sup>) zur Hälfte mit Kohlendioxyd (kräftiger Gasstrom). Verschließ die Flasche unter Wasser mit dem Ballen der Hand, schüttele tüchtig und nimm die Hand weg. Die äußere Luft stürzt mit Geräusch in den gasverdünnten Raum. Setze zu dem Wasser blaue Lackmuslösung. Sie wird gerötet. (H K 532.)

**d)** Fülle (S. 277 Nr. 522 f.) mit Kohlendioxyd einen Taucher und senke ihn in ein Einmacheglas voll Wasser. Er sinkt in 10 bis 15 Minuten. Macht man den Wasserdruck so groß (vgl. S. 280 Nr. 525 e), daß der Taucher beinahe sinkt, so verläuft der Versuch in ein bis zwei Minuten. (H. Rebenstorff, Z. 13, 253; 1900.)

**e)** Fülle drei Torricellische Röhren mit Quecksilber und laß in der einen Sauerstoff, in der andern Kohlendioxyd und in der dritten Ammoniakgas aufsteigen, bis das Quecksilber innen und außen gleich hoch steht. Bringe mit einer gebogenen Saugröhre etwas ausgekochtes Wasser in die Röhren. In allen steigt das Quecksilber, jedoch verschieden hoch, in der Röhre mit Ammoniak sogar recht erheblich. (B L O 101.)

**f)** Versieh mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen und mit den Röhren A und B (Fig. 499 b) eine Flasche von 0,5 bis 1 l Inhalt. Fülle sie bis zu dem untern Ende von A, also etwa zu zwei Dritteln, mit Wasser und schüttele sie kräftig. Das Wasser sättigt sich sofort mit Luft. — Laß durch A so lange reinen Sauerstoff einströmen, bis er die Luft aus der Flasche verdrängt hat und

\*) Die Löslichkeit der Flüssigkeiten und der festen Körper in Gasen wird in der Wärmelehre behandelt.

sich ein glimmender Span an B entflammt. Schließe nun B, während A mit dem Gasbehälter verbunden bleibt, und schüttele kurze Zeit

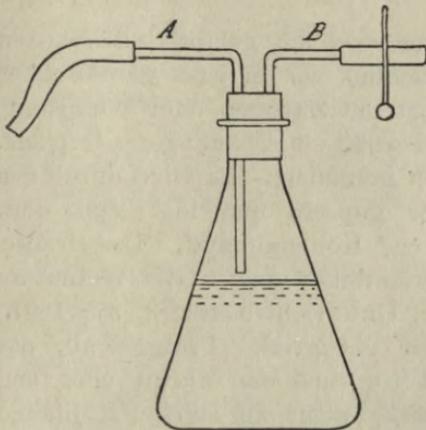


Fig. 499b.

das Wasser heftig. Es wird mit Sauerstoff möglichst gesättigt. Hierbei wird der vorher im Wasser vorhandene Stickstoff ausgetrieben. Soll eine völlig gesättigte Lösung entstehen, so muß man nochmals  $\sim \frac{1}{2}$  l Sauerstoff hindurchleiten und das Schütteln wiederholen. Der ganze Vorgang vollzieht sich binnen 4 Minuten. — Verbinde A mit einem Kohlendioxydentwickler und stelle vollkommen mit Kohlendioxyd gesättigtes Wasser her. (M T 130.)

g) Füge zu Wasser ganz wenig Phenolphthaleinlösung und eine Spur Natronlauge. Fülle eine hohe Flasche bis zur Hälfte mit dem völlig geröteten Wasser. Laß die Flüssigkeit zur Ruhe kommen. Leite durch eine Röhre, die bis nahe an den Wasserspiegel hinabreicht, einen schwachen Strom Kohlendioxyd in die Flasche. Zieh nach Verdrängung der Luft die Röhre heraus und verschließe die Flasche, ohne sie stark zu bewegen. In kurzer Zeit ist das Kohlendioxyd  $\sim 1\frac{1}{2}$  mm ins Wasser hineingedrungen und hat eine ebenso dicke Schicht entfärbt. Von ihrer Unterseite erheben sich Wölbungen bis an den Wasserspiegel. Nach einiger Zeit entstehen Strömungen abwärts und aufwärts. In der Tiefe des Gefäßes zeigen sich in der roten Flüssigkeit breite farblose Bänder, die ganz langsam wogen. Nach mehr als einer halben Stunde ist alles Wasser (200 cm<sup>3</sup>) entfärbt. Eine bei 0° gesättigte Lösung von Kohlendioxyd in Wasser hat die Dichte 1,0017 gr/cm<sup>3</sup>. (Rebenstorff, Z 21, 39; 1908.)

**603.** Schmelze eine  $\sim 1$  m lange dickwandige Röhre (Fig. 500) an dem einen Ende zu. Kerbe einen starken Holzstab nahe an dem einen Ende ein und umwickle ihn so mit weichem Bindfaden, daß sich ein Bauch bildet. Streife ein Stück weichen Kautschukschlauch so darüber, daß sich der Stempel in die Glasröhre mit gelinder Reibung luftdicht einschieben läßt. Fülle die Röhre 20 cm hoch mit Wasser, leite Kohlendioxyd ein, bis es oben überfließt, und zieh nun die Zuleitungsröhre langsam heraus, ohne die Kohlendioxydentwicklung zu unterbrechen. Führe dann den Stempel ein, drücke ihn  $\sim 20$  cm nieder, schüttele, drücke von neuem, schüttele nochmals usw., bis sich alles Gas im Wasser gelöst hat.

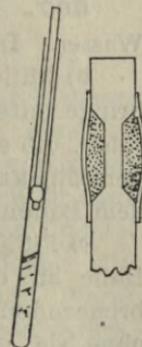


Fig. 500.

Zieh nun den Stempel heraus. Das hineingepreßte Kohlendioxyd entweicht unter Aufschäumen. (A T 326 nach Heumann, in H K jetzt nicht mehr.)

**604.** Bringe in eine mit Wasser reichlich gefüllte Sodawasserflasche mit Deckelhaken-(Patent-)Verschluß, wie er jetzt gebräuchlich ist, etwas Natriumbikarbonat, gemischt mit Zitronen- oder Weinsäure, verschließe und schüttele tüchtig. Man erhält ein schäumendes Getränk. Das Kohlendioxyd ist am Entweichen gehindert. Es wird durch den entstehenden Druck in das Wasser gepreßt und löst sich dort. Ein Gramm des Salzes liefert  $\sim 270 \text{ cm}^3$  Kohlendioxyd. Das Brausepulver ist ein Gemisch von 10 Gwt. Natriumbikarbonat, 9 Gwt. Weinsäure und 19 Gwt. Zucker. (B. Schwalbe, Unterrichtsblätter 3, 37; 1897.)

**605. a)** Sperre über Quecksilber ein großes Prüfglas ab, das mit luftfreiem Kohlendioxyd gefüllt ist, und laß durch eine umgebogene, ausgezogene Glasröhre etwas nicht zu starke Kalilauge eintreten. Die Lauge verschluckt sehr rasch alles Gas, besonders beim Rütteln des Glases.

**b)** Fülle mit Kohlendioxyd einen enghalsigen Kolben, gieße etwas Kalkmilch hinein, verschließe ihn mit dem Ballen der nassen Hand und schüttele tüchtig. Das Gas wird verschluckt, und der Kolben bleibt an dem Ballen der Hand haften. Nur mit Gewalt kann man das Gefäß abreißen, wobei die Luft mit Heftigkeit hineinströmt. (H K 534.) Hier bilden sich Karbonate.

**606.** Darstellung des Ammoniakgases. Erwärme gelinde in einem Glaskolben die stärkste Ammoniaklösung des Handels (von 25% und  $0,91 \text{ gr/cm}^3$  Dichte) und leite das entweichende Gas durch ein Trockengefäß, das mit Stücken gebranntem Kalk oder Natriumhydroxyd gefüllt ist. Chlorkalzium kann man, aber Schwefelsäure (gefährliche Sprengung) darf man nicht zum Trocknen verwenden. (H K 279.)

**607. a)** Fülle eine Ölflasche mit Ammoniak und öffne sie unter Wasser. Dieses stürzt in das Gefäß hinein und füllt es vollständig an.

**b)** Fülle über Quecksilber eine Ölflasche mit luftfreiem Ammoniak, bringe unter die Flasche das gebogene ausgezogene Ende einer Glasröhre, die etwas Wasser enthält, und blase dieses heraus. Das Wasser verschluckt augenblicklich das Gas, und das Quecksilber steigt bis zu dem Boden der Flasche empor. Vgl. S. 255 Fig. 404.

**c)** Fülle eine Flasche ( $2000$  bis  $3000 \text{ cm}^3$ ) mit Ammoniakgas. Halte an die nach unten gerichtete Mündung der Flasche einen brennenden Span. Verschließe, sobald er erlischt, sofort die Flasche, ohne sie umzukehren, mit einem Kautschukstopfen. Durch seine Bohrung führt eine  $\sim 8 \text{ mm}$  weite Röhre, die innerhalb der Flasche zu einer  $2 \text{ mm}$  weiten Spitze ausgezogen ist und an ihrem äußern Ende eine zugeschmolzene Spitze hat. Hänge die Flasche umgekehrt auf und stelle ein mit Wasser gefülltes Gefäß so darunter, daß das

untere Ende der Röhre fast bis auf dessen Boden reicht. Färbe das Wasser mit roter Lackmustinktur und brich unter dem Wasser mit einer Zange die zugeschmolzene Spitze der Röhre ab. Anfangs steigt das Wasser in der Röhre langsam empor, sobald es aber den Bauch erreicht hat, stürzt es in kräftigem Strahl in die Flasche hinein. Statt die Glasröhre an ihrem untern Ende auszuziehen und zuzuschmelzen, kann man sie mit einem Stück Wachs verschließen oder auch gerade abschneiden und mit einem Kautschukschlauch versehen, der durch ein Glasstäbchen oder einen Quetschhahn verschlossen ist. — (HK 287.)

Es ist oft schwierig, den Springbrunnen in Gang zu setzen, zumal wenn man am Tage zuvor den Versuch vorbereitet hat. Bestreiche in diesem Fall mit einer Gasflamme den Boden der umgekehrten Flasche. Das Gas dehnt sich aus, und es entweichen einige Blasen. Beim Abkühlen steigt das Wasser in der Spritzröhre empor und löst das Ammoniak. Geschieht das nicht, so tropfe etwas kaltes Wasser oder Äther auf den Boden der Flasche (Wm. F. Rice, School Science 3, 298; 1903).

d) Bringe gepulvertes Ammoniumchlorid und gepulverten gebrannten Kalk in den Kolben A (Fig. 500a), verschließe ihn mit einem Kork, worein ein

Sicherheitstrichter und eine rechtwinklig gebogene Glasröhre eingesetzt sind, und verbinde diese mit der Trockenröhre B, die mit Stückchen gebranntem Kalk gefüllt ist. Führe von B eine Glasröhre auf den

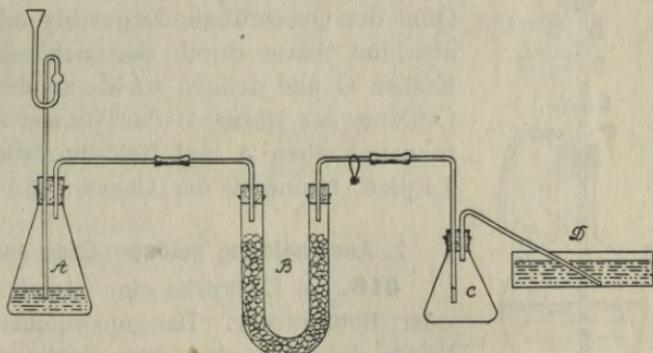


Fig. 500a.

Boden des dünnwandigen Korbchens C mit einem Kork. Setze in diesen noch eine etwas schräg abwärts gebogene Glasröhre ein, deren zu einer kurzen Spitze ausgezogenes Ende in die Schale D voll kalten Wassers taucht. Mache alle Verbindungen luftdicht. Schüttele dann den Inhalt des Kolbens A gut durcheinander und gieße in den Trichter nochmals geringe Wassermengen. Das Ammoniak entwickelt sich stark und treibt die Luft rasch aus der ganzen Vorrichtung. Warte, bis die Entwicklung des Ammoniaks aufhört und das Wasser zurückzusteigen beginnt, und verschließ nun mit einer Klemme den Schlauch zwischen B und C. Sobald nach einiger Zeit Wasser in das Korbchen C eindringt, löst sich das Gas so plötzlich, daß der Luftdruck das Korbchen zertrümmert, da das Wasser durch die verengerte

Glasköhre nicht schnell genug nachströmen kann. Stelle daher eine Glasscheibe davor. (Stroman, Z 17, 292; 1904.)

**608.** Darstellung des Chlorwasserstoffgases. Erhitze in einem Kolben, der mit einer langen Trichterröhre versehen ist, die rohe Salzsäure des Handels bis zu schwachem Sieden. Leite das sich entwickelnde Gas erst durch eine leere und dann durch eine mit starker Schwefelsäure gefüllte Flasche und trockne es so. (HK 326.)

**609.** Die Löslichkeit des Chlorwasserstoffs in Wasser kann man auf dieselbe Weise wie die des Ammoniakgases nachweisen.

a) Wiederhole die Versuche Nr. 607 a—c. Bei dem Springbrunnenversuch leitet man das trockne Gas durch eine Röhre bis auf den Boden der aufrecht stehenden Flasche. Diese ist gefüllt, sobald an ihrer Mündung eine brennende Kerze erlischt. Das Wasser färbt man mit blauer Lackmuskintur oder roter Kongolösung (HK 335).

b) Fülle den starkwandigen Rundkolben A (Fig. 501) durch die Röhre B mit Chlorwasserstoffgas, schiebe in den Verschlussstopfen den Glasstab C ein und hänge die Flasche umgekehrt in einem Ring auf. Verbinde durch den Schlauch D die Röhre B mit der Röhre F, die in den mit Wasser gefüllten Kolben G hinabreicht. Öffne den Quetschhahn E, der bis dahin den Schlauch D abschloß, blase durch den Schlauch H Luft in den Kolben G und drücke so bis zu der verengten obern Öffnung der Röhre B das Wasser empor. Es stürzt in den Kolben A und füllt ihn bald aus. (Rüdorff-Lüpke, Grundriß der Chemie 75.)

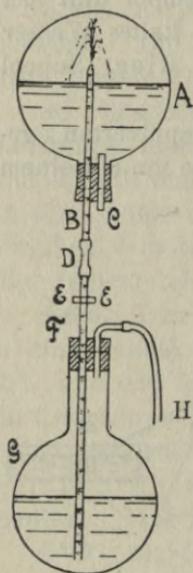


Fig. 501.

## 2. Ausscheidung gelöster Gase aus Flüssigkeiten.

**610.** a) Entkorke eine Flasche Bier, Schaumwein oder Sodawasser. Das entweichende Kohlendioxyd bringt die Flüssigkeit zum Schäumen.

a\*) Hänge mit einer Schnur eine sogenannte Heberflasche (Siphon) umgekehrt auf, öffne kurze Zeit den Verschlusshebel und laß die Flüssigkeit im Steigrohr herausblasen. Nun kann man der Flasche nach Bedarf mehr oder weniger Kohlendioxyd entnehmen. Aus einer Flasche, die unter 7 Atm. gefüllt worden ist, lassen sich  $3\frac{1}{2}$  l Kohlendioxyd abzapfen. Vgl. S. 299 Nr. 570.

a\*\*) Wiederhole den Versuch Nr. 375\* auf S. 189. (Vgl. Rebenstorff, Z 18, 222; 1905.)

b) Gieße in das Sauggefäß (S. 201 Nr. 399) frisches Brunnenwasser, abgestandenes Sodawasser oder schales Bier und verdünne die Luft. Wiederhole den Versuch mit abgekochtem Wasser.

c) Fülle eine Flasche ( $\sim 1$  l) zur Hälfte mit frisch hergestelltem gesättigtem kohlensaurem Wasser (S. 320 Nr. 602f) und verbinde die Flasche

mit Müllers Glocke (S. 188 Nr. 370\*). Schon beim Stehen tritt das Kohlendioxyd langsam aus und drängt die Luft in die Glocke. Schüttele die Flasche. In wenigen Sekunden entweichen aus der Lösung etwa zwei Drittel des Gases, und die Glocke nimmt mehr als 300 cm<sup>3</sup> auf. Blase nun mit einem Blasebalg die Kohlendioxyd enthaltende Luft aus der Flasche und schüttele nochmals. Von dem Rest des Gases entweicht der größte Teil. (MT 131.)

**611. a)** Laß im Zimmer ein Glas frisches Brunnenwasser stehen. Es erwärmt sich allmählich, und die ausgeschiedenen Luftbläschen setzen sich an die Glaswand. Vgl. F 3, 155 Nr. 310.

**b)** Erwärme in einem Prüfglas frisches Brunnenwasser auf  $\sim 60^\circ$ . Es entstehen reichlich Gasblasen. Treibe durch Sieden alle gelösten Gase aus.

**c)** Wiederhole den Versuch 602a (S. 320) und erwärme gelinde das Wasser, worin sich das Kohlendioxyd gebildet hat.

**d)** Sättige mit einem Gas Wasser (vgl. S. 320 Nr. 602f). Schiebe in die Flasche (Fig. 499b) die Röhre A ganz hinein, laß den daran sitzenden Schlauch bis auf den Boden eines Kochbechers (500 cm<sup>3</sup>) hängen, blase in die Röhre B hinein und fülle so den Becher bis zum Überlaufen mit dem gesättigten Wasser. Drehe

in den Hals des ganz vollen Bechers D (Fig. 501a) einen mit zwei Knieröhren E und F versehenen Kautschukstopfen, verschließ E mit einem Quetschhahn und verbinde E durch einen dünnen Schlauch mit Müllers Glocke G (S. 188 Nr. 370\*). Sauge an E und entferne so die Luft aus

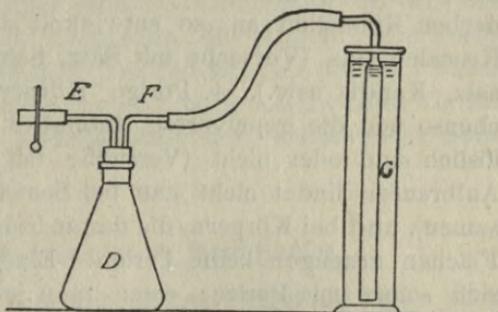


Fig. 501a.

den Schläuchen und Röhren. Erhitze mit einer großen Flamme das gashaltige Wasser in D schnell bis zum Sieden und koche es dann noch einige Minuten mit kleiner Flamme aus. Dabei soll der Dampf nur eben bis in die Glocke treten. Nachdem so alles Gas ausgetrieben worden ist, verbinde E, ohne Luft abzufangen, mit der Wasserleitung. Laß wenige Kubikzentimeter Wasser zufließen und treibe so alle Gasblasen in die Glocke. — Mit Luft gesättigtes Wasser liefert bei Zimmerwärme nur  $\sim 16$  cm<sup>3</sup>, Sauerstoffwasser  $\sim 24$  cm<sup>3</sup> Gas. Verwende daher als Glocke eine 1,5 cm weite Röhre. Zum Auffangen von Kohlendioxyd hingegen gebrauche man eine 600 cm<sup>3</sup> fassende Glocke. — Gieß den vorher mit Kohlendioxyd gefüllten Kochbecher D halb voll Selterswasser aus einer soeben entkorkten Flasche und setze den Stopfen auf. Die Glocke hebt sich nur langsam. Schüttele den Becher. Die Glocke hebt sich schnell. (MT 130.)

**612.** Bringe in Prüfgläsern oder in kleinen Glasgefäßen Sodawasser oder Wasser, das mit Luft tüchtig durchgeschüttelt worden ist, zum Gefrieren. Die gelösten Gase scheiden sich in Blasen aus. Sie entweichen oder bleiben im Eis eingeschlossen.

**613. a)** Laß schäumende Getränke, wie Sodawasser und Bier, abstehen, d. h. so lange stehen, bis sich kein Kohlendioxyd mehr abscheidet, und schütte Streuzucker, Sand, Brotkrumen usw. hinein. Die Flüssigkeiten sind mit Kohlendioxyd übersättigt. Die mit den festen Körpern eingeführte Luft bildet Bläschen. Um die herum sammelt sich das gelöste Gas an, so daß die Flüssigkeiten von neuem zu perlen und zu schäumen beginnen.

**b)** Schwalbe (Unterrichtsblätter 3, 38, 1897) unterscheidet die folgenden Gruppen von Versuchen über Aufbrausen. Zu jedem Versuche ist nur eine kleine Menge kohlendioxydhaltiges Wasser notwendig. 1. Flüssige Stoffe, die sich leicht mit Wasser mischen, wie Alkohol oder Glyzerin, bewirken ein lebhaftes Aufbrausen. 2. Flüssigkeiten, die sich fast gar nicht mit Wasser mischen, wie Öl, Terpentinöl oder Schwefelkohlenstoff, erzeugen kein Aufbrausen. 3. Gepulverte, fein zerteilte oder fein kristallisierte Salze, die sich in Wasser lösen, bewirken lebhaftes Aufbrausen. Wendet man sie in derben Kristallen an, so entwickelt sich nur an der Oberfläche der Kristalle Gas (Versuche mit Salz, Salmiak, mit Kristallen von Steinsalz, Kandis usw.). 4. Porige Körper, die sich benetzen, erzeugen ebenso wie die gepulverten, lebhaftes Aufbrausen, gleichviel, ob sie löslich sind oder nicht (Versuche mit Sand, Glaspulver, Kork usw.). Aufbrausen findet nicht statt bei Samen *Lycopodium* (dem sog. Bärlappsammen), und bei Körpern, die damit bedeckt sind. 5. Vollständig reine Flächen erzeugen keine Perlen. Ein gewöhnlicher Glasstab bedeckt sich sofort mit Perlen; wenn man jedoch das andere Ende erhitzt, abkühlen läßt, mit Alkohol reinigt, mit weichem Papier abtrocknet und wieder erwärmt, so entstehen beim Eintauchen fast keine Gasblasen. 6. Stoffe, die eine chemische Einwirkung ausüben und Wasser an sich reißen, wie englische Schwefelsäure, erzeugen eine lebhafte Kohlendioxydentwicklung.

Eigentümlich ist es, daß im Gegensatz zu zuckerhaltigem Himbeersaft, Ingwersaft usw. ganz dicke Zuckersäfte, wie Sirup, kein Aufbrausen verursachen. Hier halten die Teilchen einander so fest, daß man Sirup in Wasser gießen kann, ohne daß merkliches Aufbrausen eintritt; erst beim Umrühren geschieht dies.

**c)** Wirf in ein Glas, das mit Schaumwein gefüllt ist, eine Rosine. Es setzen sich kleine Gasblasen daran. Die Rosine steigt zu der Oberfläche der Flüssigkeit empor, die Bläschen zerplatzen, die Frucht sinkt wieder unter, und das Spiel beginnt von neuem. (T 71.)

**d)** Der Schaumweinteufel (Fig. 502). Schneide aus einem Karton (Tischkarte) einen  $\sim 2$  cm breiten Streifen, doch laß an dem

einen Ende ein Rechteck stehen und schneide daraus einen mehr oder minder kunstvollen kleinen Teufel aus. Befestige an dem Kork einer Flasche mit einer Stecknadel den Streifen so, daß er wie ein Hebel um die Nadel schwingen kann, doch muß der Arm, worauf der Teufel reitet, etwas länger sein als der andere. Binde an dem andern Ende des Hebels mit einem Faden eine ganz trockne Malagarosine so an, daß sie den Boden eines mit Schaumwein gefüllten Glases erreicht, wenn der Hebel ungefähr wagerecht steht. Stelle vor die Flasche, die den Hebel trägt, zwei andere Flaschen und hänge ein Mundtuch darüber, das den Zuschauern Glas, Rosine und Faden verbirgt. Die Kohlendioxydbläschen, die sich im Schaumwein absondern, heften sich an die Rosine und heben sie nach einigen Sekunden bis zur Oberfläche empor. Da der Faden jetzt nicht mehr straff gespannt ist, sinkt der längere Arm des Hebels, und der Teufel verschwindet hinter dem Mundtuch. Die Länge des Teufels muß also gleich der Höhe des Weins im Glas oder etwas kleiner sein. Sobald die Rosine die Oberfläche des Weins erreicht hat, zerplatzen die Blasen. Die Rosine sinkt wieder auf den Boden, spannt den Faden straff, und der Teufel erscheint aufs neue. Diese Teufelerscheinungen dauern zehn Minuten oder länger an. Enthaltensame können statt des Schaumweins Sodawasser benutzen. (T T 1, 51.)



Fig. 502.

### 3. Verdichtung von Gasen durch feste Körper.

**614.** Hauchbilder. a) Schreibe mit dem Finger auf eine trockne unreine Fensterscheibe und hauche dann auf das Glas. Die Schrift wird sichtbar.

b) Schreibe mit einem harten Hölzchen oder mit einem Stift aus Messing oder Eisen (nicht aus Stahl) auf eine reine Glasscheibe, die aber nicht frisch, sondern vor einigen Stunden geputzt worden ist, und hauche auf das Glas. Die Schrift wird sichtbar, verschwindet dann und erscheint bei neuem Behauchen wieder. — Reibe mit einem trocknen Lappen die Scheibe tüchtig ab und wiederhole den Versuch.

c) Lege auf eine Lage Papier eine Glasscheibe und reibe sie unter starkem Druck, aber nicht unter zu schneller Bewegung mit einem reinen und trocknen Tuch sauber. Schneide aus steifem Papier eine Gestalt, die keine zu feinen Teile hat, etwa einen Stern, lege das Bild auf die gereinigte Scheibe und hauche darauf. Die nicht bedeckten Teile der Scheibe beschlagen. Hebe das Papier ab und

behauche nach dem Verschwinden des Beschlags das Glas von neuem. Das Bild wird wieder sichtbar. — (W V 211.)

d) Lege auf eine gereinigte Glasscheibe eine ungereinigte Münze oder auf eine ungereinigte Scheibe ein gereinigtes Geldstück, nimm die Münze weg und behauche das Glas. Es erscheint ein deutliches Abbild.

e) Reibe mit frisch geglühtem Tripel eine polierte Platte aus Holz, Metall, Marmor usw. ab, drücke einen ungereinigten Stempel darauf und behauche die Scheibe. Das Stempelbild wird sichtbar.

**615.** a) Behauche ein Gelatineblatt (Gebetbuchzeiger). Es krümmt sich.

b) Die weissagende Nixe. Schneide aus Gelatine oder Goldschlägerhaut eine Nixe (oder einen Fisch) und lege sie auf die ein wenig befeuchtete Handfläche. Hebt sie den Kopf, so bist du eifersüchtig, aufbrausend, hebt sie hingegen den Schwanz, höflich, liebenswürdig usw. (Hs 197.)

c) Das heimtückische Glas Wasser. Fülle ein Trinkglas etwa zu drei Vierteln mit Wasser, ohne im geringsten den Rand zu befeuchten. Lege eine Spielkarte aus feinem und festem Karton so darüber, daß das Bild der Flüssigkeit zugekehrt ist. Die Karte muß so breit sein, daß sie  $\sim 3$  mm über den Glasrand vorragt. Laß etwa eine halbe Stunde lang die Karte so liegen. Sie nimmt den aus dem Wasser emporsteigenden Dampf auf, dehnt sich aus und wölbt sich in der Mitte nach unten; die Längsseiten lösen sich vom Glasrande los und heben sich. Faß an einer Ecke vorsichtig die Karte und lege sie umgekehrt, mit der gewölbten Seite nach oben, aufs Glas. Setze auf die Mitte der Wölbung, ohne sie einzudrücken, ganz zart den Kork einer Arzneiflasche, der oben einen Schlitz hat, worin ein kleiner, aus Papier ausgeschnittener Mann steckt. Nach einigen Minuten wirkt die Feuchtigkeit auf die untere Seite der Karte ein. Man hört ein schwaches Knacken, die Karte wölbt sich plötzlich nach innen, und Kork und Mann fliegen in die Luft. (T T 2, 207.)

**616.** Das Trocknen von Gasen. a) Stelle unter ein umgestülptes, großes Einmacheglas ein Wettermännchen oder einen andern nicht zu unempfindlichen Feuchtigkeitsanzeiger und daneben eine Schale mit warmem Wasser. Das Männchen zeigt nach einigen Augenblicken feuchte Luft an. Vertausche nun die Wasserschale mit einem flachen Gefäß, das Phosphorpentoxyd, starke Schwefelsäure oder Kalziumchlorid enthält. Das Männchen zeigt nach einiger Zeit an, daß die Luft unter dem Glas wieder trocken geworden ist.

b) Gleiche auf einer Wage ein großes flaches Uhrglas ab, das mit erbsengroßen Stückchen Kalziumchlorid gefüllt ist. Das Chlorid nimmt aus der Luft Wasser auf, und die Wage zeigt nach 5 bis 10 Minuten einen Ausschlag.

c) Lege Kalziumchloridstücke an die freie Luft oder unter ein umgestülptes großes Einmacheglas auf nasses Filterpapier in einem Uhrglas. Das Salz zerfließt etwa in einer halben Stunde.

d) Lege unter das Einmacheglas ein mit Kobaltchlorid getränktes und getrocknetes Stück Filterpapier (oder eine Barometerblume) von blaßroter Farbe. Nach kurzer Zeit ist es blau. Ist es schon blau, so färbe es durch Wasserdampf rot. — (H K 408, 630.)

**617.** a) Fülle eine flache Schale fast bis zum Rande mit Quecksilber; schütte es mit einem Glastrichter in eine leere Flasche, gieß daraus ein kleines Prüfglas ( $\sim 8$  cm lang und 1 cm weit) ganz voll und bringe den Rest in die Schale zurück. Verschließe mit dem Finger das Prüfglas, kehre es um, tauche die Mündung unter das Quecksilber in der Schale, klemme das Prüfglas vorsichtig derart fest, daß seine Mündung einige Millimeter über dem Boden der Schale liegt, bringe unter die Öffnung das Ende einer Glasröhre, das zu einer  $\sim 1$  mm weiten Spitze ausgezogen und etwas nach oben gebogen ist, und verbinde das andere Ende der Röhre durch einen Kautschukschlauch mit dem Trockengefäß eines Kohlendioxyderzeugers. Das Kohlendioxyd steigt im Quecksilber empor und füllt das Prüfglas; das Quecksilber fließt heraus. Laß vor dem Füllen des Prüfglases das Kohlendioxyd so lange entweichen, wie zu befürchten ist, daß ihm noch Luft beigemischt sei. Schneide aus Holzkohle, am besten aus der Kohle von Buchsbaumholz oder von Kokosnußschale, ein 1,2 bis 1,5 cm langes und 0,6 bis 0,8 cm dickes Stückchen, halte es mit einer Federzange über die Flammenspitze einer Weingeistlampe oder eines Bunsenbrenners so lange, bis es völlig glüht, tauche die noch glühende Kohle in das Quecksilber und bringe sie unter die Mündung des Prüfgläschens. Hebe dabei dieses samt dem Halter so hoch empor, daß sich die Kohle hineinschieben läßt. Die auf dem Quecksilber schwimmende Kohle verschluckt in einigen Minuten das Gas. (W V 210.)

b) Laß trocknes Ammoniakgas und Chlorwasserstoffgas durch Holzkohlenstückchen verschlucken.

c) Setze in ein Lampenglas A B (Fig. 503) den Kork B und die Glasröhre U luftdicht ein. Stelle diese Vorrichtung in die Glasschale D, die mit gefärbtem Wasser gefüllt ist, bestreiche den obern Rand des Lampenglases ringsherum dick mit Unschlitt, fülle das Glas mit Kohlendioxyd und bedecke es mit der Glasscheibe A C. Daran ist mit Siegellack ein kleiner Kork gekittet, woran ein Drahtkörbchen mit ausgeglühten und vollkommen abgekühlten Holzkohlenstückchen hängt. Das Wasser steigt in der  $\sim 75$  cm langen fingerstarken Glasröhre D B empor. Hebe die Scheibe A C ab, sobald das Wasser das Lampenglas erreicht. (K. Antolik, Z 4, 128 Nr. 19.)

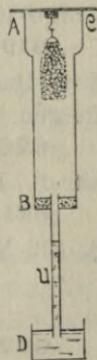


Fig. 503.

**618. a)** Fülle Stücke von Natriumhydroxyd in eine weite Glasröhre (Fig. 504), die an einem Ende verjüngt ist. Verbinde das verjüngte Rohrende mit der Schwefelsäure-Waschflasche eines Kohlendioxyderzeugers und verschließe das rund geschmolzene andere Ende mit einem Gummistopfen, durch dessen Loch dicht schließend eine knieförmig gebogene Röhre gesteckt ist. Tauche deren unteres Ende in ein Gefäß mit gefärbtem Wasser ein. Die knieförmige Röhre sei nicht zu eng, und wenn die

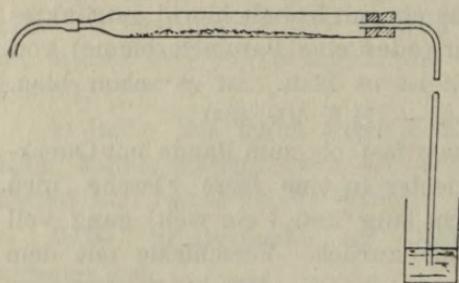


Fig. 504.

Raumverhältnisse es gestatten, 1 m lang oder länger. Leite durch die Vorrichtung einen so kräftigen Strom Kohlendioxyd, daß aus der vorgelegten Flüssigkeit Blasen in sehr rascher Folge entweichen. Setze das Durchleiten kurze Zeit fort, bis die Luft vollständig verdrängt ist, und unterbrich dann mit einem Quetschhahn den Gasstrom. Das Natriumhydroxyd verschluckt das Kohlendioxyd, und das Wasser steigt in der knieförmigen Röhre schnell empor. Zieh den Gummischlauch ab, sobald das Wasser bis nahe an die Biegung der Röhre gestiegen ist. Das Weiterdringen des

Wassers kann man bequemer verhindern, wenn man in den Gummischlauch ein T-Stück einschaltet, dessen oberer Schenkel mit der Natriumhydroxydröhre verbunden ist, während der untere einen Gummischlauch trägt, der durch einen Quetschhahn verschlossen ist (Fig. 505). Stellt man durch Öffnen des Quetschhahns die Verbindung mit der Luft her, so steigt das Wasser nicht höher empor.

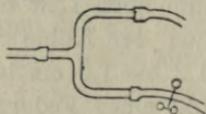


Fig. 505.

**b)** Fülle die Röhre mit entwässertem Natriumkarbonat (kalzinierter Soda), wähle die knieförmige Röhre etwas enger und wiederhole den Versuch. — (E. Fischer, HK 534.) Es finden hier chemische Vorgänge statt.

**619.** Fülle ein Prüfglas fast ganz mit Ammoniakgas, sperre es über Quecksilber ab (vgl. Nr. 617) und laß ein Stückchen Eis aufsteigen. Es verschluckt das Ammoniakgas und schmilzt.

**620.** Zeige ebenso die Lösung des Ammoniakgases in Ammoniumnitrat. Dieses verflüssigt sich dabei.

**621.** Über Salzausbildungen (Sublimationseffloreszenzen) vgl. S. 122 Nr. 245.

#### 4. Austreibung von Gasen aus festen Körpern.

**622.** Verbinde einen Papinschen Kolben (vgl. S. 200 Nr. 398) durch eine gebogene Glasröhre ohne Verwendung von Gummischlauch

mit einem hohen Gefäß, mit einer Flasche oder mit einem Standglas (Fig. 506). Laß in dem nicht ganz mit Wasser gefüllten Gefäß einen Holzstab schwimmen und bezeichne darauf die Linie, bis zu der er einsinkt. Fülle fast ganz mit Wasser das Standglas und verstöpfe es. Laß das Wasser im Kolben einige Minuten lang sieden, setze den Glasstab in den Stopfen, gieß Wasser über den Kolben und kühle ihn so ab. Die Luft in den Poren des Holzes dehnt sich aus und entweicht in zahllosen Blasen. Zieh nach 5 bis 10 Minuten den Glasstab wieder aus dem Stopfen, öffne das Standglas und gieß etwas Wasser heraus. Das Holz sinkt jetzt tiefer ein als zuvor. (Sl 92.) Statt Holz kann man Kreide, Bimsstein, Holzkohle, Holundermark, Nüsse, Eier u. dgl. nehmen. Öffnet man nach dem Versuch die Nüsse und Eier, so findet man in ihrem Innern Wasser. Schäffer (B Sch 68 Nr. 175) benutzte ein Stück spanisches Rohr, in dessen Mitte er einen Ring zum Befestigen eines Gewichts eingeschnitten hatte. (Vgl. S. 261 Nr. 506.)

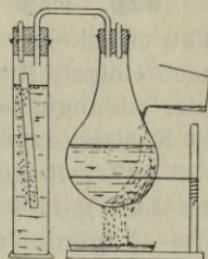


Fig. 506.

## § 32. Mischung der Gase.

### 1. Durchdringung. (Freie Diffusion.)\*

**623.** Schütte 250 cm<sup>3</sup> graue und 250 cm<sup>3</sup> weiße Erbsen zusammen und rüttle sie durcheinander. Beide Sorten lassen sich noch deutlich voneinander unterscheiden. Vgl. S. 57 Nr. 100. (B S 96 Nr. 105.)

**624.** Gieß einige Tropfen Äther, Ammoniaklösung, Schwefelkohlenstoff, Rosenöl und andere Riechstoffe auf Fließpapier und schwenke die Blätter in der Luft hin und her. Der Duft erfüllt den ganzen Raum.

**625.** a) Laß ein mit Kohlendioxyd gefülltes Glas offen und ruhig stehen und tauche etwa nach einer halben Stunde einen brennenden Span hinein. Er brennt weiter; es ist also kein Kohlendioxyd mehr im Gefäß.

b) Wiederhole die Versuche Nr. 579 und 582 (S. 302) und überlaß die Vorrichtung eine Zeitlang sich selbst, nachdem das Gleichgewicht durch das Eingießen von Kohlendioxyd gestört worden ist. Kohlendioxyd und Luft durchdringen einander, und nach 5 bis 10 Minuten steht die Wage wieder im Gleichgewicht.

c) Fülle mit Kohlendioxyd ein Einmacheglas, stülpe auf seine Mündung ein umgekehrtes gleich großes Gefäß voll Luft. Nimm nach kurzer Zeit das obere Gefäß weg und schüttle es mit Kalkwasser

\*) Wiederhole die Versuche F 1, 44 Nr. 30—33; 46 Nr. 37.

aus. Dies wird getrübt; es ist also Kohlendioxyd in das obere Glas eingedrungen.

**626.** Fülle eine weithalsige Flasche mit Kohlendioxyd und setze eine umgekehrte weithalsige Flasche voll Wasserstoff darauf. Prüfe nach einigen Minuten den Inhalt der obern Flasche mit Kalkwasser oder mit angefeuchtetem blauem Lackmuspapier. In die obere Flasche ist Kohlendioxyd eingedrungen.

**627.** Bringe unter ein mit Wasserstoff gefülltes Prüfglas ein mit Luft gefülltes, so daß die Mündungen beider aneinanderstoßen, trenne sie nach einigen Augenblicken wieder und nähere jedes einer brennenden Kerze. Beide Male knallt es laut; es haben sich also beide Gase gemischt. Volta.



Fig. 507.

**628.** Fülle eine Flasche ( $100\text{ cm}^3$ ) mit Sauerstoff und eine andere ( $200\text{ cm}^3$ ) mit Wasserstoff. Der Hals jeder Flasche sei 1 cm weit. Stelle die Sauerstoffflasche auf den Tisch, bestreiche den Rand dick mit Unschlitt, setze die Wasserstoffflasche umgekehrt darauf (Fig. 507) und laß beide  $\sim 10$  Minuten stehen. Nimm das obere Fläschchen weg, verschließe das untere mit dem Daumen und nähere einer Flamme erst das obere, dann das untere Fläschchen. Beide Male entsteht ein lauter Knall. (K. Antolik, Z 4, 127 Nr. 16; 1891.) Er hält den Versuch so für gefahrlos, trotzdem rate ich, weithalsigere Fläschchen zu nehmen.

**629.** Gieß auf den Boden eines großen, weiten Einmacheglasses starke rohe Salzsäure, laß sie an der Wand umherfließen und führe eine dicke Flaschenbürste ein, die zuvor in starken Salmiakgeist getaucht worden ist. (HK 610.)

**629\*.** Verschließe eine nicht zu kleine Gasentwicklungsflasche mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen. Stecke durch das eine Loch eine fast bis auf den Boden reichende Glasröhre, die mit einem Quetschhahn verschließbar ist, und in das andere Loch ein kurzes Röhrchen, das nur wenig aus dem Stopfen hervorragt. Schiebe auf das Röhrchen ein kurzes Schlauchstück mit Quetschhahn. Fülle das Gefäß mit getrocknetem Ammoniak. Klebe an die Innenwand eines Standglases einen feuchten Streifen rotes Lackmuspapier. Versieh dieses mit Luft gefüllte Gefäß mit einem Gummistopfen, stecke durch sein Loch eine kurze Röhre und verbinde sie mit dem freien Schlauchende des Ammoniak enthaltenden Gefäßes und öffne den Verbindungshahn. Bei einem 30 bis 40 cm hohen Standglas und bei einem 8 bis  $10\text{ mm}^2$  weiten Schlauch erreicht die Bläuung des Papiers den Boden in  $\sim 15$  Minuten. (Grigorjew, Natur in der Schule [russ.] 1907, Heft 1; daraus Z 21, 187; 1908.)

**629\*\*.** Schneide ein 1 cm weites Loch aus der Mitte eines Stück Papiers und binde das Blatt über die Mündung eines großen Becherglases. Stelle dieses umgekehrt auf den Ring eines Gestells. Blase mit einer etwas Ammoniak enthaltenden Waschflasche ammoniak

haltige Luft in den Becher. Setze an einen Wasserstoffentwickler einen Schlauch, der an dem freien Ende mit einer spitz ausgezogenen kleinen Glasröhre versehen ist. Löse den mit Wasserstoff gefüllten Schlauch von dem Entwickler los, halte sofort beide Enden zu, tauche die Spitze der Röhre in Salzsäure, bringe dann die Spitze unter die Öffnung des Bechers und halte das untere Schlauchende etwas tiefer. Aus dem Wasserstoffheber steigt eine Ammoniumchlorid mitführende Wasserstoffsäule in dem Becher kerzengerade empor. — Stülpe über das äußere Schlauchende ein Glas mit Wasserstoff. Es entleert sich vollständig in den Becher. (Vgl. S. 240 Nr. 466. Rebenstorff Z 8, 316; 1895.)

**629\*\*\*** a) Stelle auf die Mündung eines mit Bromdampf gefüllten Standglases die gleich große Mündung eines Luft enthaltenden Standglases. (Vgl. F 1, 44, Nr. 31 ff.)

b) Bringe mit einer Röhre einige Tropfen Brom auf den Boden eines Standglases und stelle ein mit Wasserstoff gefülltes größeres Prüfglas hinein, mit der Mündung nach unten gekehrt, und verschließe das Standglas mit einer Deckplatte. Nach kurzer Zeit erfüllen die Bromdämpfe das ganze Prüfglas. In der Luft schreitet die Färbung nur ganz langsam fort. (Rebenstorff, Z 15, 26; 1902.)

**630.** Bedecke zwei 27 cm hohe und 6,5 cm weite Standgläser mit zwei eingefetteten und in der Mitte durchbohrten Glasplatten. Setze in die Löcher Gummistopfen oder Korke ein, wovon der eine einen unten umgebogenen Glasstab und der andere eine gleichgeformte Glasröhre trägt. Lege in jedes Standglas ein mit 4 bis 5 gr Brom gefülltes Glaskügelchen. Fülle mit der Glasröhre das eine Glas mit Wasserstoffgas und verschließe die Röhre, sobald die Luft verdrängt worden ist. Stelle hinter die Gläser weiße Kartonstücke und zerstoße mit dem Glasstab und der Glasröhre die Bromkugeln. In beiden Gläsern erhebt sich sofort der farbige Bromdampf. Nach einigen Minuten ist er in dem Wasserstoffglas bis zur halben Höhe emporgestiegen, in dem Luftglas aber nur bis zum vierten Teil der Höhe. (H. Biltz, Zeitschr. f. physik. Chemie 9, 153, daraus H K. 95.)

**630\*.** Daltonsches Gesetz. Laß in eine dünnwandige Flasche ( $1\frac{1}{2}$  bis 2 l) ein mit Äther gefülltes, gut verkorktes Prüfgläschen hinab, verschließe die Flasche mit einem Gummistopfen und verbinde sie durch einen Gummischlauch mit einem U-förmigen Quecksilberdruckmesser. Drücke den Stopfen mit der Hand fest ein und schüttle die Flasche kräftig. Das Prüfgläschen zerschellt, und der Druckmesser zeigt die erwartete Spannung an. In einem feuchten Raum kann der Fehler bis 10 v. H. betragen. In diesem Fall trocknet man vorher die Luft in der Flasche mit Kalziumchlorid. — Nach der Zertrümmerung des Äthergefäßes ist der Gasdruck größer als  $1\frac{1}{2}$  Atm. Lockere den Stopfen etwas. Er fliegt heraus. Die Äther-

dämpfe leisten Arbeit, kühlen sich ab und verdichten sich zu einem dichten weißen Nebel. (Grigorjew, Natur in der Schule [russ.] 1907, Heft 1; daraus Z 21, 187; 1908.)

## 2. Durchgang.

**631.** Rühre mit ~ vier gestrichenen Eßlöffeln Gips und zwei Löffeln Wasser einen Gipsbrei an und gieße ihn so auf eine nur ganz wenig eingefettete Glasscheibe, daß er eine 2, höchstens 3 mm dicke Schicht bildet. Läuft der Brei nicht von selbst breit, so klopfe schwach auf die Glastafel oder stark auf den Tisch. Sobald die Gipschicht die gewünschte Dicke hat, stülpe einen Trichter mit 6 bis 8 cm weiter Öffnung so darauf, daß der Rand den Gips durchschneidet und eine runde Scheibe abtrennt. Entferne nach einer halben Stunde mit dem Messer den Gips rings um den Trichterrand und blase stark in das Trichterrohr hinein. Der Trichter löst sich los. Laß die Gipsplatte einige Stunden lang auf der Glastafel in der Sonne oder in der Nähe des Ofens liegen, löse dann die Gipsplatte ab, lege sie hohl auf drei kleine Korke und laß sie einen Tag lang völlig austrocknen. Erwärme durch Drehen über der Lampe den Rand des Trichters so stark, daß Siegellack darauf schmilzt und bestreiche die innere Seite des Randes mit Siegellack. Laß den Trichter sich so weit abkühlen, daß Siegellack nicht mehr darauf fließt, und verdicke dann die bereits aufgestrichene Schicht durch Bestreichen mit einer an der Lampe erwärmten Siegellackstange. Erwärme nochmals den ganzen Rand gleichmäßig, stülpe nun den Trichter über die Gipsplatte und schabe nach dem Erkalten den etwa hervorgequollenen Siegellack mit dem Messer ab.

a) Setze den Trichter mit der Gipsplatte auf eine Glasscheibe, stecke an den Schlauch des Gasentwicklers eine so dünne Glasröhre, daß sie sich durch das Rohr des Trichters bis in den weiten Teil schieben läßt (Fig. 508 A). Fülle den Trichter mit Kohlendioxyd, hebe ihn samt der Glasplatte auf, tauche die Rohrmündung einige Millimeter tief in Wasser (Fig. 508 B) und nimm die Glasscheibe weg.

Aus der Rohrmündung treten Gasblasen aus (Fig. 508 C).

b) Stelle den mit der Glasscheibe bedeckten Trichter aufrecht, fülle ihn mit Leuchtgas oder noch besser mit Wasserstoff, tauche seine Öffnung etwas tiefer als vorher unter Wasser und entferne die Glasscheibe. Das Wasser steigt in wenigen Sekunden bis zu der halben Höhe des Trichters empor (Fig. 508 D).

c) Tauche das untere Ende des Trichters in Wasser, setze auf die Gipsplatte einen andern Trichter und fülle diesen durch einen

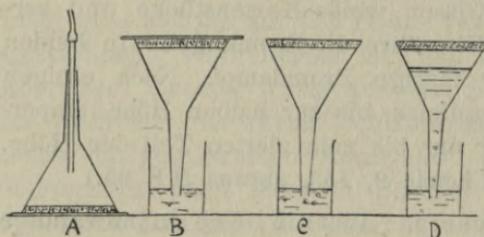


Fig. 508.

angesteckten Schlauch mit Leuchtgas. Aus der Öffnung des untern Trichters treten reichlich Blasen aus. Entferne den obern Trichter. Das Wasser steigt in den untern Trichter hinein. — (W V 214.)

**632.** Gieß auf eine Glasscheibe eine 5 mm dicke Schicht Gipsbrei, laß sie erstarren und warte, bis sie von selbst abspringt. Schneide aus der Gipsplatte eine runde Scheibe, die sich in einen Glasrichter von 10 bis 12 cm Durchmesser ~ 1 cm tief einsenken läßt, umgib den Rand der Scheibe mit Gipsbrei und laß das Ganze erstarren. Gieß etwa nach einer halben Stunde auf die Gipsplatte so viel Gipsbrei, daß der Trichter bis zum Rand ausgefüllt wird (Fig. 509). Schabe die Gipsplatte eben und laß sie vollkommen austrocknen. Setze einen gleich großen andern Glasrichter auf den ersten und verkitte ihre Ränder ringsherum sorgfältig mit Siegellack. Versieh den einen Trichter mit dem dünnen Glasröhrchen C D und leite durch den Kautschukschlauch K Leuchtgas in die Vorrichtung. Dieses treibt in einigen Sekunden die Luft heraus. Entzünde bei D das Gas. Die anfangs kleine Flamme wächst bis zu einer gewissen Größe und verrät durch hüpfende Bewegungen jeden auf den Schlauch K ausgeübten Druck. (K. Antolik, Z 4, 127 Nr. 17; 1891.)

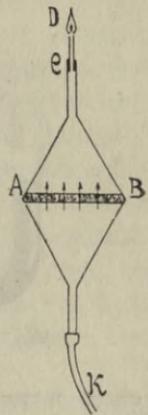


Fig. 509.

**633. a)** Verbinde das Rohr des Trichters, der mit der Gipsplatte versehen ist (vgl. Nr. 631), durch einen Gummischlauch mit einem offenen Heberdruckmesser (vgl. S. 270 Nr. 514) und befestige den Trichter so, daß die Gipsplatte nach oben gekehrt ist. Fülle ein umgekehrtes Trinkglas oder Einmacheglas mit Wasserstoff und stülpe es über die Gipsplatte. Der Druckmesser zeigt einen Überdruck an. Nimm das Becherglas weg. Der Druckmesser zeigt einen Unterdruck an.

**b)** Fülle das Glas mit Leuchtgas und wiederhole den Versuch. Einfacher ist es, etwas Leuchtgas [gegen die Gipsplatte strömen zu lassen.

**c)** Fülle ein Glas mit Kohlendioxyd, halte den Trichter am Rohr und senke ihn, mit der Gipsplatte nach unten gerichtet, hinein. Der Druckmesser zeigt einen Unterdruck an. Er geht bei dem Herausheben des Trichters in einen Überdruck über. (K. Rosenberg, P B 6, 262; 1901.)

**633\*.** Schlagwetteranzeiger von Ansell.

**a)** Reinige eine Glasscheibe gut und fette sie dann ganz schwach ein. Breite mit einem Glasstab einen steifen Gipsbrei (vgl. Nr. 631) darauf aus in einer etliche Millimeter dicken Schicht und drücke in den Brei einen 8 bis 10 cm weiten Glasrichter, bis er die Scheibe berührt. Laß das Ganze in einigen Stunden vollkommen trocknen. Drehe den Trichter schwach und löse ihn samt der nun gut darin haftenden Gipsplatte ab. Sollte diese doch herausfallen, so bestreiche

ihren Rand mit einer Spur Sieglacklösung und setze sie drehend wieder ein oder erwärme den Trichterrand, bis innen Picein darauf schmilzt, und drücke ihn, noch warm, drehend über

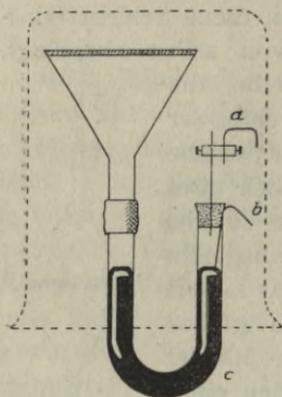


Fig. 509 a.

die Gipsplatte. Verbinde den Trichter durch ein Stückchen Gummischlauch mit dem einen Schenkel einer kleinen U-Röhre (Fig. 509 a), worein Quecksilber gefüllt ist. Verschließ den andern Schenkel mit einem Stöpsel. Führe durch diesen einen geraden steifen Kupferdraht und befestige daran den Leitungsdraht a. Klemme mit dem Stöpsel einen zweiten Leitungsdraht b so ein, daß sein blankes Ende in das Quecksilber taucht. Klemme die Vorrichtung bei c an einen Halter. Verbinde den Draht a mit dem einen Pol einer Beutelkette (vgl. H H 330) und den andern Pol der Kette sowie den Draht b mit einer fernen Klingel. Schiebe nun das Ende des Drahts a so tief abwärts, daß er dicht über dem Quecksilber steht und die Klingel nicht läutet. Laß nun gegen die Gipsplatte Wasserstoffgas oder Leuchtgas strömen. Die Klingel läutet sofort.

b) Kehre die Mündung eines Becherglases nach unten, laß Leuchtgas oder Wasserstoff einströmen und stülpe dann das Glas langsam über den Trichter. Hebe den Becher ab, stülpe ihn dann wieder darüber und wiederhole so den Versuch.

c) Stelle den Stift a so ein, daß die Klingel eben noch läutet, und laß gegen die Gipsplatte Kohlendioxyd strömen. Die Klingel hört auf zu läuten.

d) Man kann auch die Zuleitungsdrähte nebeneinander in einigen Millimetern Abstand durch ein Korkstückchen stecken, das sich in der U-Röhre mit sanfter Reibung verschieben läßt. Vor dem Versuch stellt man den Kork so ein, daß beide Drahtenden 1 bis 2 mm über dem Quecksilber liegen. (R 2, 104.)

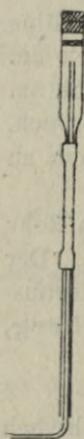


Fig. 510.

**634.** Zieh eine 10 cm lange und 3 bis 4 cm weite Glasröhre an dem einen Ende so aus, wie es Fig. 510 zeigt. Breite einen steifen Gipsbrei in ~ 0,5 cm dicker Schicht auf einer Glasscheibe gleichmäßig aus und stich mit dem weiten Ende der Glasröhre einen Gipsstopfen aus dem Brei

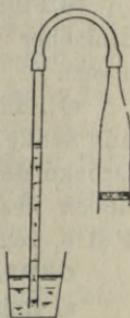


Fig. 511.

aus. Ziehe die Röhre samt der darin sitzenden Gipscheibe aus dem Brei heraus, sobald er so fest geworden ist, daß er nicht mehr fließt, aber noch nicht ganz erstarrt ist, drücke die Scheibe mit einem Korkstopfen tiefer in die Röhre, gieß etwas dünnen Gipsbrei auf die

Gipsscheibe, um den Zwischenraum zwischen ihr und der Glaswand auszufüllen und trockne den Gipsstopfen bei gelinder Wärme aus. Verbinde durch einen  $\sim 20$  bis  $25$  cm langen Kautschukschlauch das ausgezogene Ende des trichterförmigen Gefäßes mit einer  $\sim 40$  cm langen Glasröhre. Schiebe eine gebogene enge Glasröhre von unten her durch die ganze Vorrichtung hindurch bis dicht unter die Gipsplatte, verschließe das weite obere Ende der Trichterröhre mit einem gut passenden Kautschukstopfen und leite durch die enge eingeschobene Glasröhre Wasserstoff ein. Ziehe die enge Röhre, ohne den Gasstrom zu unterbrechen, langsam heraus, sobald die Vorrichtung unterhalb der Gipsplatte ganz mit Wasserstoff gefüllt ist, tauche nun das untere Ende der Vorrichtung rasch in ein Glas, das mit gefärbtem Wasser gefüllt ist, und nimm den Kautschukstopfen weg. Das gefärbte Wasser steigt bis zu  $\sim 30$  cm Höhe empor. Es empfiehlt sich, um falschen Vorstellungen vorzubeugen, vor dem Wegnehmen des Kautschukstopfens den Kautschukschlauch nach unten umzubiegen, wie es Fig. 511 zeigt. (H K 165.)

**634\*.** Stelle eine ungebrauchte und trockne Tonzelle, wie man sie zu galvanischen Ketten benutzt, umgekehrt auf den Tisch und stülpe nur wenige Sekunden lang eine Glocke mit Füllhals darüber, die mit der Gasleitung verbunden und von oben mit Leuchtgas gefüllt worden ist. Der Inhalt der Zelle läßt sich entzünden. (M T 129.) — Ohmann (Z 21, 34; 1908) verwendet eine Porzellanzone aus sog. Pukallscher Masse. Es ist dies eine Art Biskuitporzellan, die von der Königlichen Porzellanmanufaktur zu Berlin (Verkaufsstelle Leipziger Straße 2) hergestellt wird.

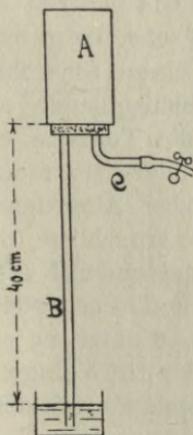


Fig. 512.

**635.** Verschließ eine porige Tonzelle A (Fig. 512), wie man sie zu Daniellschen Ketten benutzt, luftdicht mit einem Kork, wodurch die Röhren B und C führen. Tauche das untere Ende von B in gefärbtes Wasser und laß durch C Wasserstoff oder Leuchtgas einströmen. Die Luft entweicht durch das Wasser in Blasen. Stelle den Gaszufluß mit einem Quetschhahn ab. Das gefärbte Wasser steigt in die Röhre B. (Jamin, CR 43, 234; 1856.)

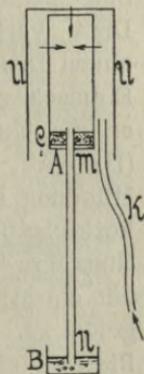


Fig. 513.

**636. a)** Verschließ eine Tonzelle CD (Fig. 513) mit dem Kork C, wozu die lange Glasröhre MN eingesetzt ist. Gieß über den Kork die  $\sim 1$  cm dicke Gipschicht A. Leite durch den Kautschukschlauch K Leuchtgas unter das große Einmacheglass UU. Die Luft entweicht in großen Blasen durch das gefärbte Wasser im Gefäß B. Schließe den Gashahn, sobald Ruhe eingetreten ist, und

nimm das Sturzglas U U behutsam weg, damit nicht die rasch emporsteigende Wassersäule in die Tonzelle dringt. Stülpe das Glas wieder darüber. Sofort fällt die Wassersäule. — Man kann auch der Glasröhre M N eine U-förmige Gestalt geben und daraus einen offenen Heber-Druckmesser mit Flüssigkeitsfüllung herstellen. Die Schenkel des Druckmessers müssen recht lang sein.

b) Drehe die Vorrichtung um, stelle die Tonzelle in ein größeres Einmacheglas A B (Fig. 514) und verbinde sie durch den Kautschukschlauch K mit der Glasröhre M N. Leite in das Gefäß A B Kohlendioxyd oder gieß Ätherdampf hinein.

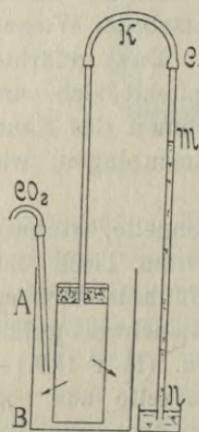


Fig. 514.

c) Tauche die Tonzelle 8 bis 10 Minuten lang in Wasser und wiederhole den Versuch (a) oder (b). Er gelingt nicht mehr. Erst nach 24 Stunden ist die Zelle wieder vollkommen trocken und von neuem benutzbar. — (Wöhler, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1871. K. Antolik, Z 4, 128 Nr. 18; 1891.)

c\*) F. C. G. Müller (M T 129) versieht die Tonzelle der Fig. 514a gemäß mit einem durch Wachs gedichteten Kork und mit einer etwas Wasser enthaltenden Druckmesserröhre. Diese in einen Halter gespannte Vorrichtung läßt bei dem Überstülpen eines Einmacheglasses voll Leuchtgas ein lebhaftes Aus-

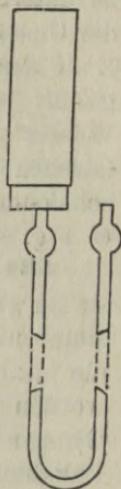


Fig. 514a.

blasen der Luft erkennen. Bei dem Entfernen des Glases tritt ein Saugen ein. — Rosenberg (R 2, 103) dichtet mit Wachs, Leim oder Siegellacklösung den Kork und versieht ihn mit einer Glasröhre. Diese verbindet er durch einen engen guten Gummischlauch mit einem Druckmesser. Das eine Mal stülpt er über die Tonzelle ein Einmacheglas voll Wasserstoff oder Leuchtgas; das andere Mal taucht er die Tonzelle in ein Glas voll Kohlendioxyd oder Ätherdampf (Dvořák, Z 6, 193; 1893). — Volkmann (V A 132) verschließt die Mündung einer mittelgroßen Tonzelle mit einer gut passenden Kunstkorkscheibe und setzt in diese eine 10 cm lange und 6 mm weite Glasröhre ein. Falls die Scheibe nicht gut schließt, dichtet er sie mit einem Anstrich von Schellack oder Siegellack, der in Weingeist gelöst ist. Die Glasröhre verbindet er durch einen Schlauch mit dem Blasrohr einer kleinen Spritzflasche.

d) Verschließ eine kleine Tonzelle mit einem gut passenden Kautschukstopfen, wodurch eine enge Glasröhre führt (Fig. 515). Verlängere diese mit einem Stück Kautschukschlauch C und mit einer Röhre A so weit, daß die Gesamtlänge  $\sim 1$  m beträgt. Führe die Röhre A durch einen Stopfen so in ein mit dunkel gefärbtem Wasser

gefülltes Gefäß, daß ihr unteres Ende nur bis unter den Stopfen hinabreicht. Setze in die andere Durchbohrung des Stopfens die beiderseits offene, oben etwas verengte gebogene Glasröhre B ein, die ins Wasser eintaucht. Stelle aus einer abgesprengten Flasche oder weiten Glasröhre eine kleine Glocke her, stülpe diese über die Tonzelle und laß einen recht kräftigen Wasserstoffstrom durch die Glocke austreten. Fast augenblicklich springt aus der Röhre B ein Wasserstrahl fast 1 m hoch empor.

e) Schiebe schnell die mit etwas Talg bestrichene Röhre A so weit in das Gefäß hinab, daß sie tief ins Wasser eintaucht, entferne langsam die noch fortwährend Wasserstoff zuführende Glocke und gib der Röhre A durch Umbiegen des Schlauchs C die in Fig. 511 gezeichnete Stellung. Die gefärbte Flüssigkeit steigt fast bis zur Tonzelle empor, während durch B Luftblasen eintreten. (H K 167.)

f) Schiebe auf die Glasröhre U (Fig. 515 a), die oben eng  $\Omega$ -förmig umgebogen ist, und auf die Spritzröhre S drei passende Kautschukstopfen, setze den Pfropfen  $K_2$  in den einen Hals der Woulfeschen Flasche, bringe die Papier-  
teilung an, fülle das Standgefäß fast ganz mit gefärbtem Wasser und setze die Spritzröhre S mit dem Stopfen  $K_1$  ein. Das Wasser soll bis zur Höhe  $n$  stehen. Schiebe drehend

die porige Porzellanzelle (vgl. Nr. 634\*) auf ihren Stopfen fest auf. Zeige den Durchgang von Leuchtgas, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlendioxyd durch die Porzellanzelle. Benutze zum Auffangen der Gase ein größeres Kettenglas E. Stülpe bei Gasen, die dünner als Luft sind, das Gefäß über die Glasröhre samt der Porzellanzelle (Stellung I) und schiebe bei Gasen, die dichter als Luft sind, das Gefäß von unten her über die Porzellanzelle (Stellung II). Da die Zelle leicht Schmutz annimmt, empfiehlt es sich, sie mit einem reinen Tuch anzufassen und nach dem Abnehmen darin einzuwickeln und aufzubewahren, um sie gegen Staub zu schützen. (Ohmann, Z 21, 34; 1908.)

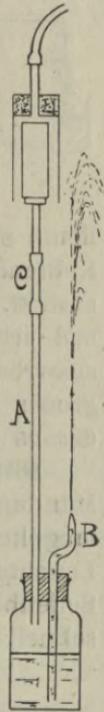


Fig. 515.

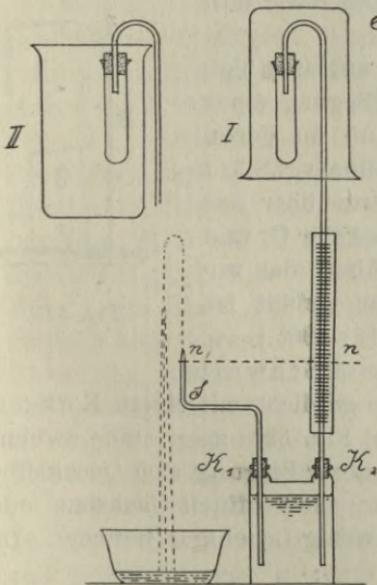


Fig. 515 a.

**637.** Verbinde zwei porige Tonzellen A und B (Fig. 516) durch Kautschukstopfen mit dem T-Stück C und dessen wagerechten Ansatz durch die Knieröhre D mit der Sicherheitsflasche E. Führe von

dieser eine gebogene Glasröhre F in ein Gefäß voll gefärbten Wassers. Stülpe ein mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefülltes Glas G über A.

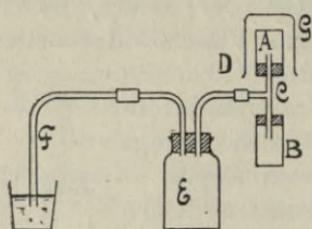


Fig. 516.

Es treten aus F Luftblasen aus. Fülle das Glas G mit Kohlendioxyd oder Ätherdampf und schiebe es über B. Das Wasser steigt in F empor. (G 42 § 46.)

**638.** Laß durch eine porige Tonröhre AC (Fig. 517), die in ein weites Glasrohr luftdicht eingesetzt ist, einen Wasserstoffstrom hindurchgehen, zünde diesen bei A an und leite dann durch D in den ringförmigen

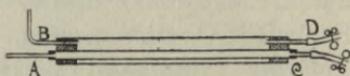


Fig. 517.

Raum zwischen den beiden Röhren einen Kohlendioxydstrom, der durch B wieder austritt. Sofort wird die Flamme kleiner und erlischt ganz. Zünde nun das bei B ausströmende Gas an. Es brennt mit großer Flamme. (H. Sainte-Claire Deville, C R 52, 524; 1861, daraus Violle, Lehrb. d. Physik 1, 2, 958.)

**639.** Tauche eine mit Luft gefüllte Tonzelle (Fig. 518) mit der Mündung in Seifenlösung und stülpe über die umgekehrte Zelle ein Glas, das mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefüllt ist. Der Überdruck bläst eine Seifenblase auf. Entferne das Glas. Die Blase fällt schnell wieder zusammen. (Sl 200.)

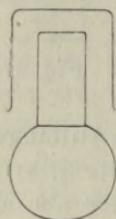


Fig. 518.

**640.** Gieß etwas Wasser auf einen Teller A (Fig. 519), stelle die Biegung einer gekrümmten Röhre B darauf, an deren oberm Ende ein Kollodiumballon (vgl.S.314 Nr. 599) festgebunden ist, setze über das offene Röhrenende eine Tonzelle C und stülpe ein großes Glas darüber, das mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefüllt ist. (H. Rebenstorff, Z 18, 16; 1905.)

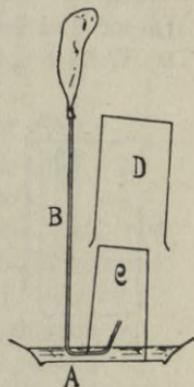


Fig. 519.

**641.** Schlagwetteranzeiger von Schwalbe.

a) Verschließ eine porige Tonzelle gasdicht mit einem Kork und führe durch seine Durchbohrung, wie Fig. 520 zeigt, eine zweimal U-förmig gebogene Röhre, in deren unterer Biegung sich Quecksilber befindet. Halte die Zelle in die Nähe eines offenen Gashahns oder stelle sie in ein Glas, worin sich nur wenig Leuchtgas befindet. Das Quecksilber steigt bedeutend.

b) Schiebe in den offenen Schenkel zwei umeinander geschlungene stromdichte Kupferdrähte A und B hinein, deren untere metallische Spitzen durch ein Siegellackknöpfchen c hindurchragen, das an der Glaswand schleift, so daß es in jeder Höhe einstellbar ist. Versieh die beiden obren Enden der Drähte mit Ösen, um die Drähte einzu-

hängen, die zur Signalglocke und zur Kette führen. Bringe die Spitzen der Kupferdrähte dicht über die Quecksilberkuppe D und öffne den Gashahn. Die Kuppe des steigenden Quecksilbers schließt den Strom, und die Lärmglocke ertönt.

e) Tauche vor dem Versuch die Spitzen c in das Quecksilber, so daß das Lütewerk andauernd tönt, und stelle den Anzeiger in ein Glas mit Kohlendioxyd. Das Läuten hört sofort auf. — (B. Schwalbe, Z 7, 177; 1894.)

**641\***. Wiederhole die Versuche F 1, 121 Nr. 243.

**642.** Fülle eine Schale mit Kohlendioxyd, stelle sie auf den Tisch, bedecke sie lose mit Fließpapier, laß sie  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Stunden stehen und prüfe dann ihren Inhalt mit einem brennenden Span oder mit Kalkwasser. Das Kohlendioxyd ist entwichen.

**643.** a) Halte über eine senkrechte Röhre, woraus Wasserstoff ausströmt, ein größeres Blatt Filterpapier (Reichspostkarte) und zünde das Gas über dem Papier an. Natürlich entzündet sich auch das Papier sehr bald. (H K 172.)

b) Stelle auf ein mehrfach zusammengelegtes trocknes Tuch ein geschliffenes Trinkglas. Senke einen  $\sim 15$  cm langen, weiten Schlauch bis auf den Boden und blase langsam Zigarrenrauch hindurch, bis er eine 2 bis 3 cm hohe Bodenschicht bildet. Entferne langsam den Schlauch, bedecke das Glas mit einem Blatt Schreibpapier (mit einer Postkarte), lege ein Brett oder ein dünnes Buch darauf, halte die eine Hand oben darauf, schiebe die andere unter das Tuch und wende nun das Glas in 5 bis 10 Sekunden ganz langsam um. Eine dicke undurchsichtige Rauchschiebt bedeckt die Unterlage. Schiebe nun vorsichtig das Glas nebst Papier von dem Brett auf den Ring eines Gestells oder besser auf einen ebenen Blechring, den man auf einen Gestellring stellt. Laß Wasserstoff gegen das Papier strömen. Über der getroffenen Stelle entsteht sofort ein dichter Rauchstrom, und in wenigen Augenblicken ist die ganze auf dem Papier lagernde Rauchmasse emporgestiegen. (Rebenstorff, Z 8, 317; 1895.)

**644.** Wiederhole den Versuch F 1, 121 Nr. 239 und klebe dabei an die Wand des obern Gefäßes einen Streifen Fließpapier, der zuvor mit Kobaltochlorid getränkt und getrocknet worden ist. Das blaue Papier färbt sich nach einiger Zeit blaßrot.

**645.** a) Binde einen Kollodiumballon B (vgl. S. 314 Nr. 599) auf dem einen Schenkel einer U-Röhre (Fig. 521) fest und auf dem andern eine größere walzenförmige Tüte C, die aus dünnem, aber lochfreiem Zeitungspapier zusammengeklebt ist. Drücke den

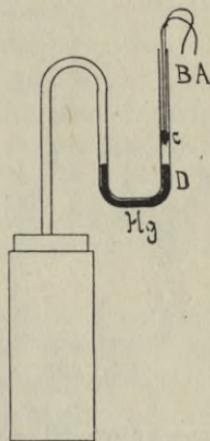


Fig. 520.

Ballon zusammen und stülpe über die Tüte ein großes Glas D voll Wasserstoff oder Leuchtgas. Der Ballon bläht sich sofort auf. Hebe und senke das Glas und beobachte die Bewegungen des Ballons. (H. Rebenstorff, Z 18, 15; 1905.)

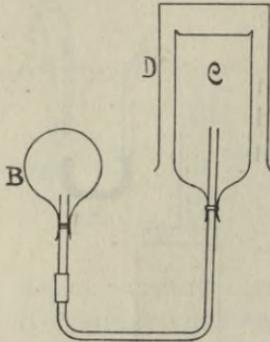


Fig. 521.

b) Feile in den Bodenrand einer Arzneiflasche (200 bis 300 cm<sup>3</sup>) eine Öffnung, führe den Spalt im Glas durch Erhitzen mit einer  $\sim \frac{3}{4}$  cm langen Wasserstoffflamme fort und sprengte so den Boden ab. Klebe über dem Unterteil aus lochfreiem Papier eine Stulpe zusammen und auf diese einen Deckel. Man kann auch die Stulpenöffnung zusammendrücken, die geraden Ränder verleimen und die Ecken etwas zurückbiegen. Lege in die umgekehrte Flasche eine lose Papierscheibe und binde die Tüte über die Flasche (Fig. 521a). Setze in den Hals der Flasche einen durchbohrten Kork mit einer gebogenen Glasröhre, deren äußeres Ende nicht zu fein ausgezogen ist. Blase in die Flasche einen Mundvoll Tabakrauch. Halte die Flasche, spanne sie in eine Gestellklemme oder stelle sie so zwischen dicken Büchern auf, daß die Papiertüte und die Röhrenspitze frei bleiben. Stülpe über die Papiertüte ein großes Glas mit Leuchtgas oder Wasserstoff. Aus der Röhre tritt ein Rauchstrom aus. (R P 2, 62.)

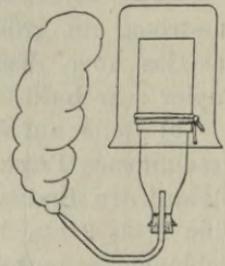


Fig. 521a.

**646.** a) Wiederhole den Versuch F 1, 121 Nr. 240.

b) Versuch von Merget. Lege auf eine verquickte (amalgamierte) Kupferscheibe einige Lagen Löschpapier, dann eine etliche Zentimeter dicke Scheibe eines Baumstamms und zuletzt ein mit Platinchlorid getränktes Blatt Papier und presse das Ganze zusammen. Das Papier zeigt nach einiger Zeit einen sehr deutlichen Abdruck der Schnittfläche. Wasche ihn mit gewöhnlichem Wasser aus und mache ihn so haltbar. (Violle, Lehrb. d. Physik 1, 2, 958.)

**646\*.** Die pralle Haut eines mit Leuchtgas oder Wasserstoff gefüllten Gummiballons wird allmählich runzlig.

**647.** a) Fülle einen Kautschukballon mit Luft, binde um einen seiner größten Kreise einen nicht dehnbaren Faden und hänge den Ballon in ein großes Gefäß voll Wasserstoff. Bald baucht sich der Kautschuk zu beiden Seiten des Fadens aus, und der Ballon schwillt allmählich an, bis er schließlich platzt. (Violle, Lehrb. d. Phys. 1, 2, 958.)

b) Blähe einen Gummiballon mit Zimmerluft auf und lege längs einem seiner größten Kreise eine Fadenschlinge. Bringe den Ballon in ein großes Glasgefäß voll Kohlendioxyd und decke den Behälter

zu. Nach einer Viertelstunde ist das Hervorwölben der Ballonhälften zu beiden Seiten des Fadens erkennbar. Die Spiegelbilder eines Fensters oder eines Lichts in den beiden sich stärker wölbenden Hälften rücken langsam von dem Faden weg. Nach einer Stunde ist der angeschwollene Ballon tief eingeschnürt. Mißt man den Umfang des Ballons vor und nach dem Kohlendioxydbad, so kann man die Vergrößerung des Raums berechnen. Am genauesten bestimmt man die Masse des eingedrungenen Kohlendioxyds durch Wägen vor und nach dem Bade.

c) Fülle einen Gummiballon mit Kohlendioxyd und hänge ihn im Zimmer auf. Er sinkt allmählich zusammen. — (Rebenstorff, Z 20, 228; 1907.)

**648.** Atmung. Fülle das bei dem Versuch Nr. 542 auf S. 228 benutzte Lampenglas aus einem Gasentwickler oder aus der Lunge mit Kohlendioxyd und bringe den Beutel aus Goldschlägerhaut, die wie die Lunge eine tierische Haut ist, wieder an seine Stelle. Laß diesmal die kurze Röhre, die den Beutel trägt, in das Loch des Stopfens nur bis zur Mitte hineinragen und schiebe in das Loch eine längere Glasröhre so tief, daß sie mit der kurzen Glasröhre zusammenstößt. Ziehe die Kautschukhaut abwärts und sauge so Luft in die künstliche Lunge. Die Gase im Lampenglas und im Beutel durchdringen einander. Tauche die aus dem Lampenglas herausragende Glasröhre in Kalkwasser, drücke das künstliche Zwerchfell empor und laß so das Lampenglas ausatmen. (W. 65 Nr. 94.)

**649.** Binde eine schwach befeuchtete Schweinsblase über die nach oben gerichtete Öffnung eines Trichters, verbinde das Trichterrohr mit einem Quecksilber-Druckmesser und leite Ammoniakgas (vgl. S. 322 Nr. 606) unter ein Becherglas, das über den Trichter gestülpt ist. Man beobachtet bald eine nach Zehntelatmosphären zählende Drucksteigerung. (Nernst, Theor. Chemie<sup>1</sup> 90.)

**650.** Laß eine mit Luft gefüllte Seifenblase in ein Gefäß voll Kohlendioxyd fallen (vgl. S. 311 Nr. 596). Die Blase schwimmt anfangs auf dem Kohlendioxyd. Dieses löst sich dabei an der Außenfläche der Blase. Das gelöste flüssige Kohlendioxyd wandert durch die Flüssigkeitshaut der Blase und gelangt an die Innenfläche. Dort verdampft sie und vermehrt dabei Raum und Masse der Blase. Diese sinkt daher allmählich unter und bläht sich gleichzeitig mehr und mehr auf, wobei sie die Farbenreihe eines immer dünner werdenden Häutchens zeigt, bis sie schließlich zerplatzt. (Violle, Lehrb. d. Physik 1, 2, 961 nach Marianini, Ann. de chim. et de phys. (3) 9, 382; 1843.)

**650\*.** a) Blähe mit einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre eine Seifenblase auf und führe sie von unten her in ein Gefäß mit Wasser-

stoff. Sie dehnt sich aus. Ziehe die Blase aus dem Gefäß und schwenke sie ab. Sie steigt empor und läßt sich entzünden.

b) Wiederhole den Versuch mit Leuchtgas. Die Blase steigt nicht empor, ist aber entzündlich. Halte die Blase in dem Gefäß voll Leuchtgas. Die Hautspannung treibt den Inhalt der Blase aus der Röhre. Entzünde das Gas an der Mündung. — (M T 129.)

**651.** a) Lege auf den Boden eines Glasgefäßes ein Stück Fließpapier, das bis zum Rande reicht, und gieß Äther darauf (ein halbes Weinglas voll reicht für einen Behälter von 5000 cm<sup>3</sup> Inhalt). An einem zugigen Ort verfliegt der Dampf bald. Laß eine Seifenblase in den Behälter fallen. Sie schwimmt auf dem schweren Ätherdampf. Benetze nach 5 oder 10 Sekunden einen kleinen leichten Ring, der mit einem Handgriff versehen ist, mit Seifenlösung und zerstöre das sich etwa bildende Häutchen. Hebe mit dem Ringe die Seifenblase aus dem Gefäß. Nähere sie einem Licht, das in einiger Höhe über dem Gefäß mit Äther aufgestellt ist. Die Blase entflammt knallend.

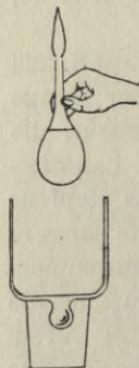


Fig. 522.

b) Blase mit dem Trichter, der bei dem Versuch Nr. 197 b S. 100 benutzt worden ist, eine Seifenblase, senke sie einige Augenblicke in den Ätherdampf und verschließe dabei den Trichterhals. Sie nimmt infolge der Gewichtsvermehrung durch den eingedrungenen Dampf eine birnförmige Gestalt an. Halte ein Licht an den Hals des Trichters und entzünde den herausgedrückten Ätherdampf. Es entsteht eine 13 bis 15 cm hohe Flamme (Fig. 522). (BSB 120, 163.)

c) Stelle wie bei dem Versuch (b) eine Seifenblase her und halte sie in Ätherdampf. Nimm sie aus dem Dampf heraus. Die Blase fällt zusammen. Mache mit dem Schlierenverfahren (F 3, 162) den entweichenden Ätherdampf sichtbar.

### III. Bewegung der Gase.

#### § 33. Ausfließen.

**651\*.** a) Verbinde Müllers eingeteilte Glocke (vgl. S. 188 Nr. 370\*) mit einem dünnen Messingröhrchen, worauf eine fein durchstochene Verschlußplatte aus Schablonenblech gelötet ist. Fülle die Glocke durch die andere Hahnröhre bis zum 600 cm<sup>3</sup>-Strich mit reinem Wasserstoff und zähle die Sekunden, die verstreichen, bis das Wasser innen den 100-cm<sup>3</sup>-Strich erreicht hat, also 500 cm<sup>3</sup> durch das feine Loch herausgedrängt worden sind. Wiederhole den Versuch mit reinem Sauerstoff. Man findet eine nahezu viermal so lange Ausflußzeit. Vergleiche damit die Dichten der mit Feuchtigkeit gesättigten Gase. (M T 128.)

b) Lege ein Stückchen Platinblech auf eine Glasplatte und stich mit einer feinen Nähnadel ein winziges Loch hinein, das man erkennen kann, wenn man das Blech gegen das Licht hält. Durch einen Schlag auf das Blech kann man die Öffnung leicht verkleinern. Kittle das Blech P (Fig. 522a) mit Wachs oder Siegelack auf das eine Ende der 1,5 m langen und 2 mm weiten starkwandigen Haarröhre K. Klebe auf die Röhre zwei schmale Papierstreifen m und  $m_1$ , die 70 cm voneinander abstehen. Fülle in die Röhre durch einen Trichter mit enger Ausflußöffnung eine 25 bis 40 mm lange Quecksilbersäule Q. Laß die Säule bis auf das Blech hinabsinken. Klemme die Röhre in einem drehbaren Halter derart fest, daß das Blech oben ist. Die Quecksilbersäule gleitet jetzt abwärts und saugt Luft in die Röhre. Drehe, wenn das Quecksilber fast das untere Ende erreicht hat, die Röhre so, daß nun das Blech das untere Ende bildet. Die Quecksilbersäule drückt nun die Luft aus der Röhre. Miß mit der Stoppuhr die Zeit, in der das Quecksilber von m bis  $m_1$  sinkt. — Schiebe über das Röhrenende mit dem Blech den Kork K und darüber die gebogene Glasröhre R<sub>1</sub>.

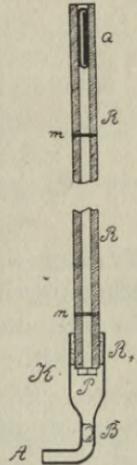


Fig. 522a.

Bringe in diese etwas Watte (B), damit kein Staub zu dem feinen Loch im Blech gelangen kann. Ziehe die Röhre R' vom Kork ab, verbinde das Röhrenende A mit dem Gasschlauch, fülle die Röhre R' mit Leuchtgas, schiebe R' über den Kork, verfare nun auf dieselbe Weise wie bei dem Versuch mit der Luft und bestimme die Ausflußzeit der Gassäule m  $m_1$ . — Glas und Quecksilber müssen ganz rein sein. Klopf an die Röhre, wenn die Quecksilbersäule am Platin haftet. (Rußner, Z 20, 382; 1907.)

**652.** a) Durchbohre einen Ziegelstein so, daß die Löcher teils zylindrisch gestaltet, teils konisch erweitert sind. Drücke mit einem Blasebalg Luft durch die zylindrische Öffnung. Der gerade Luftstrom

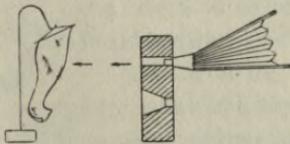


Fig. 523.

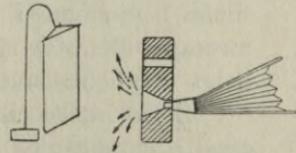


Fig. 524.

bewegt lebhaft ein leichtes Tuch, das in einiger Entfernung von der Öffnung aufgehängt ist (Fig. 523).

b) Blase die Luft in die engere Mündung einer trichterförmigen Öffnung. Die Luft breitet sich nach allen Seiten aus, und das vor der weitem Mündung hangende Tuch bleibt ruhig (Fig. 524).

c) Bohre trichterförmige Löcher durch eine Glasplatte. Blase durch die enge Mündung gegen eine Kerzenflamme. Sie wird nach der weiten Mündung hingezogen (Fig. 525).

d) Blase durch die weite Mündung gegen eine Kerzenflamme. Der gerade Luftstrom löscht die Kerze aus (Fig. 526). (C 2, 35.)



Fig. 525.

e) Statt des Ziegelsteins mit der zylindrischen Durchbohrung kann man eine Glasröhre oder eine Garnrolle nehmen und statt des Ziegelsteins oder der Glasplatte mit der kegelförmigen Durchbohrung einen

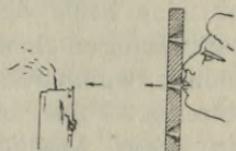


Fig. 526.

Trichter aus Blech, Glas oder Papier. Bläst man durch die enge Mündung und steht die Kerzenflamme an dem Rande des Trichters, so wird die Flamme ausgelöscht. (TT 3, 49.)

**653.** a) Laß den Klempner an ein 7 cm langes und 4 mm weites Blechrohr einen Blechtrichter anlöten, dessen Seitenlänge ~ 1 cm und dessen größter Durchmesser 2,5 cm ist. Der Trichter sei nicht rein kegelförmig, sondern mehr kugelig gewölbt. Besorge ferner eine Kugel aus Lindenholz von 24,5 mm Durchmesser, die gut in die Trichterhöhlung paßt. Lege die Kugel unter den Trichter und blase durch den Trichterhals kräftig nach unten. Die Kugel wird angesogen und bleibt vor der Öffnung schweben. (C 1, 145 nach französischer Quelle. Die dort angegebenen Abmessungen sind wohl zu groß.)

b) Lege auf den Tisch eine leichte Kugel aus Holundermark, Kork oder Zelluloid, halte einen Glastrichter darüber und blase kräftig in den Stiel hinein.

c) Sprenge oder brich den Hals einer Flasche ab (ein glatter Rand ist nicht erforderlich) und versieh ihn mit Kork und Röhre wie in



Fig. 527.

Fig. 527. Halte den Trichter über eine kleine Holzkugel und blase in die Röhre. Die Kugel steigt in dem Flaschenhals empor, und man kann sie nicht herausblasen, so sehr man sich auch anstrengt. Benutze einen Marmel. Eine Glaskugel zeigt deutliche Drehungen. (BJ 99 aux. 33.)

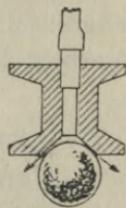


Fig. 528.

d) Erweitere mit einem scharfen Messer und einer Rundfeile die Öffnung einer Garnrolle trichterförmig. Setze in die andere Öffnung ein Glasröhrchen ein und schiebe einen Kautschukschlauch darüber. Stelle aus Holundermark ein recht glatt gerundetes Kügelchen her. Seine Größe stehe zu der Größe der Rolle in dem Verhältnis, das durch die Fig. 528 angedeutet wird. Wiederhole mit dieser Vorrichtung den Versuch (a). (Hs 100.)

e) Bohre in die Kuppe eines Fingerhuts AB (Fig. 529) ein rundes Loch, dessen Durchmesser etwa halb so groß als der der Kuppe ist,

stecke den Fingerhut in das Ende des Kautschukschlauchs C und lege einen Marmel D in den Fingerhut. Blase in den Schlauch. Die Kugel fliegt nicht heraus. Die raschen Stöße verraten, daß der Luftstrom das Kügelchen gegen den Boden des Fingerhuts drückt. Lege das Kügelchen auf den Tisch oder auf eine Fingerspitze, bedecke es fast vollständig mit dem Fingerhut und blase in den Schlauch. Das Kügelchen wird, solange man bläst, angesogen und in der Schwebelage gehalten. Befestige die Vorrichtung an dem Hahn eines kleinen Dampfkessels und öffne diesen. Trotz der Kraft des Strahls wird das Kügelchen nicht fortgetrieben. Bringe die Vorrichtung an dem Hahn der Wasserleitung an. Das Kügelchen stößt rasselnd gegen den Boden des Fingerhuts. Drehe den Hahn allmählich weiter auf. Die Stöße folgen rascher aufeinander, und plötzlich wird die Kugel heftig aus dem Fingerhut herausgeschleudert. (L N 16, 1888 Nr. 785 Briefkasten.)



Fig. 529.

**654. a)** Versuch von Faraday. Schließe die Finger der ausgestreckten Hand fest aneinander, wende die Handfläche nach unten, blase durch den spaltartigen Zwischenraum nahe bei den Fingerwurzeln und nähere von unten der Öffnung ein Blatt Papier (16 cm<sup>2</sup>). Es wird angesogen. (P B 5, 115 Nr. 1; 1898.)

**b)** Versuch von Clément und Desormes. Befestige eine 3 mm weite Röhre aus Weißblech oder Glas auf der Mitte einer runden Scheibe aus Weißblech oder Pappdeckel von 15 cm Durchmesser. Die Platte hat in der Mitte ein Loch, worein die Röhre paßt. Bringe eine runde Pappscheibe, die etwas kleiner als die erste Scheibe ist, auf der Fingerspitze in die Schwebelage, halte die Scheibe mit der Röhre darüber und blase durch die Röhre. Die bewegliche Scheibe wird angesogen. (G 136 Nr. 10, 151 Nr. 6.)

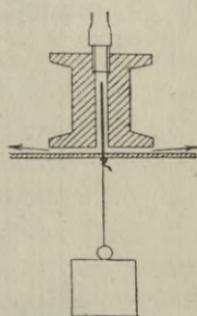


Fig. 531.

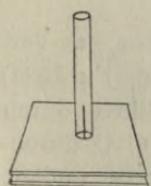


Fig. 530.

**c)** Setze eine Glasröhre luftdicht in das Loch einer dicken Kartonscheibe ein. Stecke in die Mitte einer dünnen andern Kartonscheibe von gleicher Größe eine Stecknadel bis zum Kopf hinein. Halte wie in Fig. 530 die erste Scheibe über die andere, blase durch die Röhre und hebe sie

gleichzeitig empor. Die untere Scheibe folgt. (B J 98 aux. 31.) Statt der obern Kartonscheibe mit der Röhre kann man auch die in Versuch Nr. 653d benutzte Blasvorrichtung (Fig. 531) verwenden und die untere Scheibe noch ein kleines Gewicht tragen lassen. (Hs 100.) Bohn (B Sch 72 Nr. 188) läßt ein Blatt Papier ansaugen, das er mit einer Stecknadel auf eine Korkscheibe steckt.

d) Weinhold (W V 207) durchlocht eine runde Pappscheibe von 10 cm Durchmesser in der Mitte (Fig. 532), paßt eine rechtwinklig umgebogene  $\sim 0,8$  cm weite Glasröhre in einen Kork, leimt diesen so auf die Pappe, daß die Mündung der Röhre gerade über dem Loch steht, und befestigt eine zweite Scheibe aus starkem Papier oder dünner Pappe mit drei Fäden in 1 cm Abstand von der ersten. Man kann

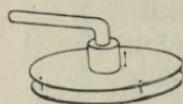


Fig. 532.

auch die bewegliche Scheibe in 1 cm Abstand mit Stecknadeln auf die feste Scheibe stecken. Kaum nachahmungswert ist es, wie in PB 5, 116 Nr. 4, 1898 empfohlen wird, durch den Rand der obern Scheibe drei glatte dünne Nägel zu treiben, in die untere Scheibe drei große Löcher zu machen, die Nägel hindurchzustecken, ihre Spitzen unterhalb der untern Scheibe umzubiegen und beim Blasen die gerade Glasröhre nach oben zu richten. Weiler (W E 60) verstärkt die Saugwirkung, indem er vor dem Loch der festen Scheibe ein Plättchen von  $\sim 1$  cm Durchmesser so befestigt, daß es nur an zwei oder drei schmalen Stellen an der festen Pappe anliegt, im übrigen aber die Luft frei hindurchläßt.

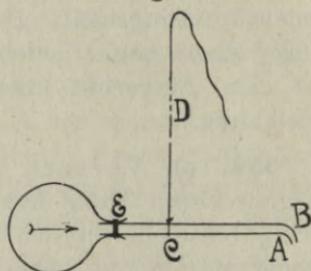


Fig. 533.

**655.** Rückstößer (Fig. 533). Stecke an eine gebogene Glasröhre EB (die Biegung liegt in Wirklichkeit wagerecht) einen dünnwandigen Kautschukballon, fülle ihn mit Luft oder Leuchtgas und verschließe die Röhre bei A mit Wachs. Hänge mit einem längern Faden D die Vorrichtung im Schwerpunkt C auf, laß sie zur Ruhe kommen und schmelze dann mit einer Weingeistlampe das Wachs ab. Es tritt eine zweifache Rückwirkung ein. (K. Antolik, Z 4, 124 Nr. 7; 1891.)

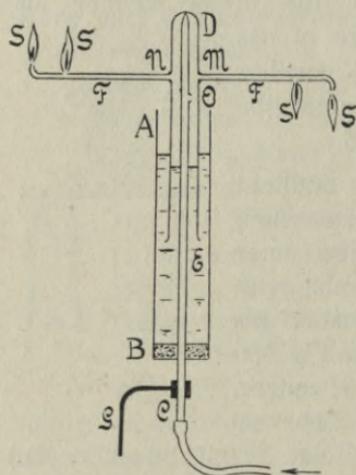


Fig. 534.

**656.** Rückstoßbrädchen. a) Verschließe das Lampenglas AB (Fig. 534) unten mit einem Kork, führe durch ihn die Glasröhre CD, die bei O durchlocht ist und oben in eine Spitze endigt. Setze auf diese das Prüfgläschen DE mit den gebogenen Seitenröhren FF, die bei N und M mit Siegellack befestigt sind. Gieße in das Glas AB soviel Wasser, wie nötig ist, um die durch den

Kautschukschlauch eingeblasene Luft oder die einströmenden Gase (Sauerstoff, Kohlendioxyd, Leuchtgas) abzusperren. Dieses Rückstoßbrädchen dreht sich sehr leicht und rasch. Laß Leuchtgas hindurch-

strömen und zünde es bei den Öffnungen SS an, die in Wirklichkeit nicht so wie in der Figur, sondern wie bei einem Segnerschen Wasserrad liegen. Befestige die Vorrichtung auf dem Gestell G oder halte sie frei in der Hand. (K. Antolik, Z 4, 124 Nr. 6; 1891.) Stelle das Loch in der Röhre, die das Gas zuführt, folgendermaßen her: Erwärme mit der Weingeistflamme das Glas um O herum, richte die Spitzflamme des Lötrohrs gegen die Stelle O, setze auf diese Stelle das Ende eines ausgezogenen Glasröhrchens, ziehe dieses nach dem Anschmelzen weg, brich die Spitze ab und schmelze den Rand um.

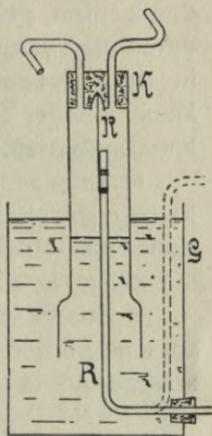


Fig. 535.

b) Verschließe das Lampenglas mit einem Kork K (Fig. 535) und kittle in dessen Mitte ein Glashütchen ein. Setze dieses auf eine feine Spitze N, die mit einem Faden an die Glasröhre R gebunden ist. Führe durch die beiden Durchbohrungen des Korks dünne Glasröhrchen, die wie die Ausflußröhrchen am Segnerschen Wasserrad gebogen sind. Setze die rechtwinklig gebogene Glasröhre R in ein Glasgefäß G ein. Das Glasbohren kann man umgehen, wenn man die Glasröhre (oder ein Bleirohr) dreimal umbiegt und mit Gips am Gefäß ankittet. Den Gips durchtränkt man nach dem Trocknen mit Schellack oder Paraffin. (W. Weiler, P B 4, 65; 1897.)

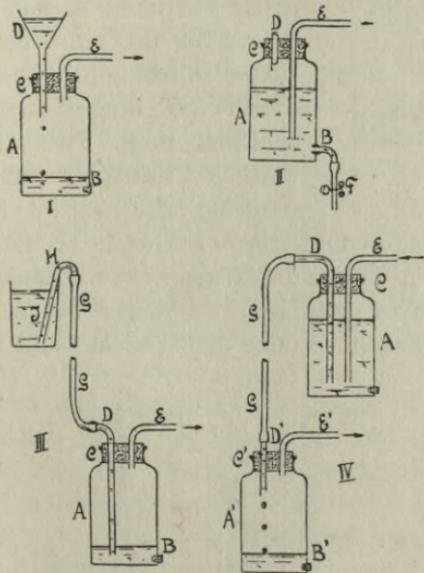


Fig. 536.

### § 34. Strömen.

**657. Sauger und Bläser.** Durchbohre die weithalsige Flasche A (1000 cm<sup>3</sup> und mehr) bei B (Fig. 536 I) und passe den doppelt durchbohrten Kautschukstopfen C ein.

a) Verschließe das Loch B mit einem Kork, setze in den Stopfen C den Trichter D und die Knieröhre E ein und gieß durch den Trichter Wasser in die Flasche. Bei E wird die Luft herausgeblasen.

b) Setze mit einem kurzen Schlauchstück eine gebogene Glasröhre in das Loch B (Fig. 536 II) ein und schiebe auf die Röhre einen langen Kautschukschlauch, worauf der Quetschhahn F sitzt. Fülle A mit Wasser, ersetze E durch eine längere Röhre, den Trichter D durch einen Glasstab und öffne den Hahn F. Das Wasser strömt

bei B aus; durch E wird Luft eingesogen. Der erzeugte Unterdruck ist unveränderlich.

c) Ersetze bei der in Versuch (a) benutzten Flasche den Trichter D durch eine gebogene Glasröhre (Fig. 536 III) und verbinde diese durch den langen Schlauch G mit der gebogenen Glasröhre H, die in das hochgestellte Gefäß J voll Wasser taucht. Saug mit dem Mund an der Röhre E, bis der Heber fließt. Bei E wird die Luft herausgeblasen.

d) Ersetze den Glasstab D bei der in Versuch (b) benutzten Flasche durch eine gebogene Glasröhre (Fig. 536 IV), woran ein langer Kautschukschlauch G sitzt, und korke die Öffnung B zu. Blase in die Röhre E, bis der Heber fließt. Durch E wird Luft angesogen.

e) Stecke bei dem vorigen Versuch das Ende des Schlauchs G auf eine gerade Glasröhre D' und verbinde diese mit der tiefer stehenden Flasche A', die im übrigen wie die bei Versuch (a) benutzte Flasche

eingerrichtet ist. Aus E' strömt die Luft unter gleichbleibendem Überdruck aus.

f) Verbinde zwei große Flaschen A und B (Fig. 537), die nahe dem Boden durchbohrt sind, durch einen langen Kautschukschlauch. Fülle die Flasche A mit Wasser und stelle sie höher auf als B.

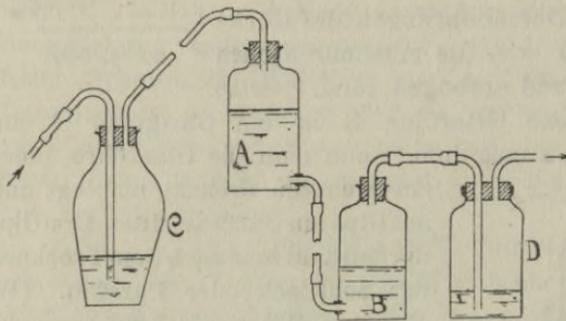


Fig. 537.

In die Flasche A wird Luft eingesogen und aus der Flasche B Luft herausgeblasen. Wechsle nach dem Ablauf des Wassers die Stellung beider Flaschen und ihre Schlauchverbindungen. — Weise bei den Versuchen (a) bis (f) mit der Spritzflasche C oder der Waschflasche D oder auch mit einer kleinen Kerzenflamme die Luftströmung nach. — (W D 195).

**657\*.** Umfüller. Versieh die beiden Woulfeschen Flaschen A und B (Fig 537a) mit durchbohrten Gummistopfen, schiebe zwei Glasröhren E und F hindurch fast bis auf den Boden der Gefäße und verbinde die herausragenden Enden durch einen Gummischlauch.

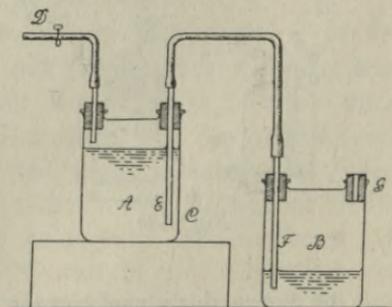


Fig. 537a.

Statt der Woulfeschen Flaschen kann man weithalsige große Flaschen mit doppelt durchbohrtem Stopfen verwenden. Fülle A mit Wasser oder einer andern Flüssigkeit, die

das unzufüllende Gas nicht verschluckt. Laß den Hals G offen. Verbinde D mit dem Gaserzeuger. Stelle A höher als B. Öffne den Hahn D. Die Flüssigkeit in A läuft durch E und F nach B. Dränge nicht alles Wasser aus A heraus, laß so viel darin, daß es in dem untern Ende von E bis C steht. Schließ den Quetscher D und trenne A vom Gaserzeuger. Verbinde D mit einer Trockenröhre und diese mit dem Gefäß, das mit Gas zu füllen ist. Gieß B fast voll Wasser. Stelle B höher als A. Setze einen Hahntrichter in G ein und mache den Stopfen luftdicht (Fig 537b). Größern

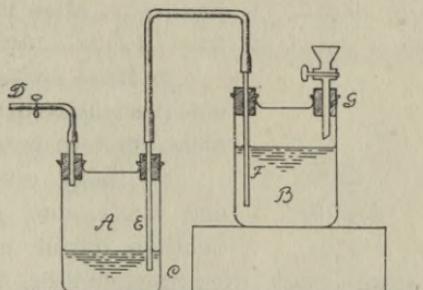


Fig. 537 b.

Druck kann man erzeugen, wenn man in G einen Trichter mit langem Hals einsetzt. Öffne nun den Quetscher bei D und den Hahn des Trichters. Die Flüssigkeit in B geht nach A, und das Gas wird aus A herausgetrieben. Durch Schließen des Trichterhahns unterbricht man den Gasstrom. — Kann man auf diese Weise keinen ausreichenden Druck erzeugen, so setzt man in den Stopfen bei G eine Glasröhre ein und verbindet diese mit einem Gummiball. (J. A. Griffin, School Science 5, 195; 1905.)

**657\*\*.** a) Schalte zwischen drei Schläuche T-förmige Glasröhren und verbinde die Seitenarme mit zwei Druckmessern. Sende einen Luftstrom durch die Leitung und weise die Abnahme des Drucks nach. Haben die Schläuche gleiche Länge und gleichen Querschnitt, so sind die Druckunterschiede zwischen den Enden fast gleich.

b) Schiebe zwei Schraubenquetschhähne auf die Schläuche und verenge erst den einen Schlauch und dann den andern. Bei dem kleinern Querschnitt ergibt sich der größere Druckunterschied. Vgl. S. 158 Nr. 333.

**658.** Ansaugen durch Luftströme. a) Der getreue Ballon. Lege einen kleinen, nur noch zum Teil mit Gas gefüllten Kautschukballon auf den Rand eines Tisches oder Stuhls und entferne dich ziemlich rasch von ihm weg. Der Ballon folgt im Abstand von 1 bis 2 m, wie ein treuer Hund seinem Herrn; er bleibt stehen, wenn wir stehen bleiben, und regelt überhaupt seine Geschwindigkeit nach der unsrigen. Der Versuch gelingt um so besser, je größer die von uns verdrängte Luftmasse ist; Frauen können ihn also sicherer als Herren ausführen. (T T 2, 85.)

a\*) Blase mit dem Mund aus einiger Entfernung gegen ein Scheibchen, das um eine Durchmesserachse leicht drehbar ist, oder gegen ein Papiersegel auf schwimmendem Kork. Es stellt sich senkrecht zu der Richtung des Luftstroms. (Seddig, Z 21, 94; 1908.)

b) Schneide und biege ein Stück dickes Schreibpapier (oder einen dünnen Karton) wie in Fig. 538 und bringe es auf einer Nadelspitze

in die Schwebel. Ein großer flacher Kork oder eine verkorkte Flasche liefert ein gutes Gestell für die Nadel. Bewege ein Stück Karton oder die Hand von der Mitte der Fahne nach dem Rande zu. Das Papier schwingt auf die bewegte Fläche zu. (BJ 98. Aux. 30.)

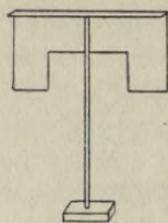


Fig. 538.

c) Halte zwischen den Mund und eine Kerzenflamme eine Besuchskarte und blase dagegen. Die Flamme erlischt nicht, sondern bewegt sich auf den Bläser zu. (TT 2, 89.)

c\*) Halte einen Spiegel SS (Fig 538 a) lotrecht und stelle eine Kerzenflamme K davor. Laß einen Gehilfen durch eine Glasröhre einen kräftigen Luftstrahl nach dem Spiegelbilde K' der Flamme blasen. Die Flamme wird nach dem Spiegel hingeweht. (R 2, 101.)

d) Stelle eine brennende Kerze hinter eine Flasche. Halte den Mund ~ 20 bis 30 cm vor der Flasche in die Höhe der Flamme und blase kräftig gegen die Flasche. Die Kerze erlischt. (T 81.)

e) Spanne eine 0,8 cm weite und 20 bis 25 cm lange Glasröhre wagerecht so in einen Halter, daß die eine Mündung dicht an dem untern Ende einer 2,5 bis 3 cm hohen Flamme liegt. Verwende die Flamme einer Kerze oder eines Bunsenbrenners, dessen Luftlöcher mit einem umgewickelten Papierstreifen oder mit einem übergeschobenen Kork verschlossen sind. Zieh eine kleine Glasröhre an dem einen Ende bis zu 4 oder 5 mm Weite aus. Halte dieses Blasrohr rechtwinklig zur wagerechten Röhre, bringe die Spitze in geringe Entfernung von der Mündung, die von der Kerze abgewandt ist, und erzeuge einen kräftigen Luftstrom. Die Flamme wird in die Röhre hineingezogen. (WD 225.)

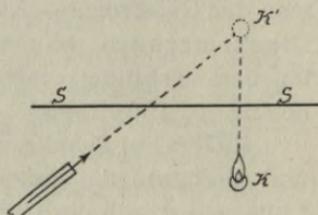


Fig. 538a.

f) Bringe in das eine Ende einer 60 bis 150 cm langen und 0,8 bis 1 cm weiten Röhre aus Glas oder aus Papier (das über einer Glasröhre zusammengerollt und verleimt worden ist) einen Kork, der so klein ist, daß er durch die senkrecht gestellte Röhre bequem hindurchfallen würde, und blase kräftig auf das andere Ende durch eine etliche Zentimeter lange und 0,6 bis 0,8 cm weite Glasröhre, die etwas verjüngt, aber an der Spitze mindestens noch 5 mm weit ist. Halte diese so, daß beide Röhren einen Winkel von ~ 30° miteinander bilden. Der Kork fährt durch die lange Röhre hindurch nach dem Ende, auf das du bläst. (WV 209. WD 225.)

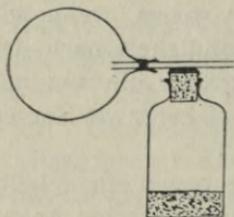


Fig. 539.

g) Kite eine Glasröhre (Fig. 539), woran ein Kollodumballon (vgl. S. 314 Nr. 599) festgebunden ist, mit Siegelack wagerecht auf den Kork einer beschwerten Flasche und blase senkrecht zur Glas-

röhre an ihrer Mündung vorbei. Der Ballon fällt zusammen. (Rebenstorff, Z 18, 16; 1905.)

h) Verfertige aus Pappe die Nachbildung eines Schornsteinaufsatzes (Fig. 540) und zieh unten quer durch die Röhre einen Draht. Er verhindert, daß eine hineingelegte Holundermarkkugel herausfällt. Blase gegen die Spitze des Kegels. Die Kugel fliegt oben heraus. (B Sch 72 Nr. 189.) Müller (M T 128) macht das Saugen durch Ammoniumchloridnebel sichtbar.

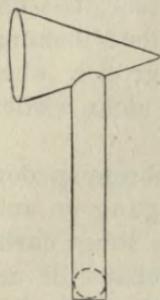


Fig. 540.

i) Verbinde den Ansatzstutzen einer T-Röhre mit einem Druckmesser (vgl. S. 268 § 29, 3) und blase durch den langen Schenkel. Der Messer zeigt einen Unterdruck an. (Vgl. S. 357 Nr. 660 b.)

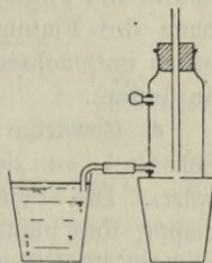


Fig. 541.

\*) Verbinde Müllers Ätherdruckmesser (S. 270 Nr. 514\*\*) mit einer kurzen Glasröhre und halte diese in der Richtung des Windes. (M T 127.)

k) Setze mit einem Kork, der in der Mitte durchbohrt ist, eine Röhre so in den Hals von Baileys Gefäß (Fig. 541) ein, daß ihr unteres Ende so nahe wie möglich genau über dem Bodenloch steht, ohne jedoch in dieses hineinzuragen. Fülle den Becher oder eine Flasche mit Wasser und blase stark in die Röhre. (BJ 50 Nr. 78.)

k\*) Stelle aus Glasröhren und Korken die in Fig. 541 a abgebildete Vorrichtung zusammen, fülle in den kleinen Druckmesser eine gefärbte Flüssigkeit und blase stark in die enge Röhre. (W D 225.)

**658\*.** Setze mit 3 cm langen dickwandigen Schläuchen kurze, nur 6,5 mm weite Glasröhren an die 7,5 mm weiten Schenkel einer Quinckeschen Interferenzgabel und mache so beide Schenkel 14 cm lang (Fig. 541 b). Schiebe einen Gas Schlauch über das Ansatzstück der Gabel und spanne sie so in eine Klemme, daß beide Schenkel lotrecht nach oben gerichtet sind.

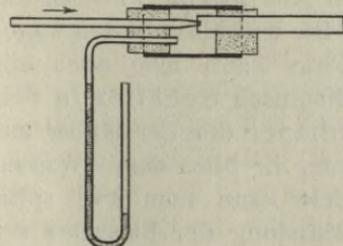


Fig. 541 a.

Öffne den Hahn, zünde an und regle die Gaszufuhr so, daß beide Flammen 5 bis 6 cm hoch brennen. Halte einen Bunsenbrenner mit kleiner Flamme bereit, um ausgelöschte Flammen damit wieder anzuzünden.

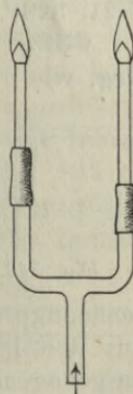


Fig. 541 b.

a) Blase, fast hauchend, schräg von oben her eine der beiden Flammen aus und zünde sie sofort wieder an.

b) Blase kurz, stoßweise, wagerecht über die eine Mündung hinweg, ohne jedoch diese Flamme auszulöschen. Der andern Flamme wird für einen Augenblick Gas entzogen. Sie zuckt ins Rohr zurück und erlischt, läßt sich aber sofort wieder anzünden.

c) Wiederhole den vorigen Versuch, blase nach kurzer, fast unmerklicher Pause nochmals etwas länger scharf über dieselbe Mündung, ohne die Flamme auszulöschen. Die Flamme wird größer, aber etwas entleuchtet. Die andere Flamme kann man jetzt nicht wieder anzünden.

d) Erwärme jetzt mit dem bereitstehenden Bunsenbrenner den Schenkel, aus dem keine Flamme brennt, von der Biegung an aufwärts. Die erwärmte Mischung von Luft und Leuchtgas steigt darin empor, und man kann sie an der Mündung anzünden, sobald die ursprüngliche Flamme kleiner geworden ist. Solange der eine Schenkel heiß genug ist, ist es unmöglich, wie bei Versuch (c) nur durch den andern Schenkel Gas ausströmen zu lassen.

e) Wiederhole den Versuch (c), laß die volle Flamme des Bunsenbrenners schräg nach oben die Mündung des Gabelrohrs umspülen, aus der keine Flamme brennt, und benutze so den Gasstrom des Brenners zum Ansaugen.

f) Laß beide Flammen brennen, vermindere die Gaszufuhr und lösche so eine Flamme aus. Die andere Flamme wächst, wird aber sofort wieder kleiner. Drehe nun den Gashahn etwas weiter auf, bis etwa die Flammenhöhe von Versuch (c) erreicht ist. Die andere Flamme kann man nicht wieder anzünden.

g) Verschließ die eine Mündung mit dem Finger, öffne dann den Gashahn und stelle an der andern Mündung eine 6 bis 8 cm hohe Flamme her. Nimm nun den Finger weg. An der bisher verschlossenen Mündung läßt sich keine Flamme anzünden. (Stromann, Z 21, 328; 1908.)

**659.** Zerstäuber. a) Schneide von einem Kork ein Viertel weg, wie es Fig. 542 zeigt. Stecke in diesen unter rechtem Winkel zwei Gänsekiele so ein, daß ihre Spitzen einander berühren. Stelle den lotrechten Kiel in eine Flasche, die mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, und blase in den wagerechten Kiel. Statt des Korks kann man auch ein Stück Wachs nehmen. So hat nach Schäffer (B Sch 72 Nr. 190) 1859 zuerst Schimper den Zerstäuber zusammengesetzt, den er Blasepumpe nannte. Er blies damit Wasser aus der hohlen Hand. Statt der Gänsekiele kann man zwei spitz ausgezogene Glasröhren verwenden. Die Mündung der Blaseröhre sei etwas weiter als die der Steigröhre.

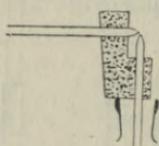


Fig. 542.

b) Zieh eine 9 bis 10 cm lange und 2 bis 3 mm weite Glasröhre in der Mitte dünn aus, schneide sie durch und biege den einen Teil stumpfwinklig um. Stecke beide Röhren so durch zweckmäßig

gebohrte Löcher eines Korks, daß wie in Fig. 543 die Spitze der gebogenen Röhre etwas vor der Spitze der geraden steht. Verschiebe, wenn die Vorrichtung nicht gleich anspricht, die Röhren ein wenig, bis die vorteilhafteste Stellung gefunden ist. Tauche das weite Ende der gebogenen Röhre in Wasser und blase mit dem Munde durch die gerade Röhre. (W V 208.) — Eine andere Verbindung der Röhren durch einen Streifen

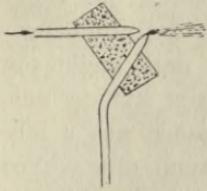


Fig. 543.

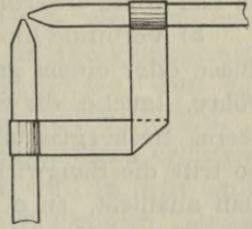


Fig. 543a.

aus ~ 1 mm starkem Kupferblech zeigt Fig. 543a. (R 1, 86.)

c) Biege eine lotrechte Röhre, die in eine feine Spitze ausgezogen und dann wieder etwas zur Seite gewandt ist, wagerecht um (Fig. 544). Kite auf den wagerechten Teil mit Siegelack eine andere wagerechte Röhre, die in eine etwas weitere Spitze ausgezogen ist, und schütze durch ein übergeschobenes Stück Kautschukschlauch die Kittstelle vor Beschädigung. (B Sch 72 Nr. 191.)

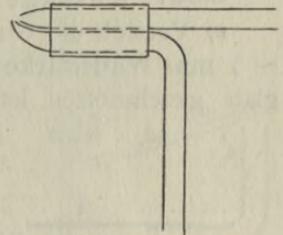


Fig. 544.

d) Stelle in ein enghalsiges Arzneifläschchen, das bis über die Hälfte mit Wasser gefüllt ist, ein oben ausgezogenes Glasröhrchen A (Fig. 545) und blase mit einem andern ausgezogenen Röhrchen B wagerecht über die Öffnung des Röhrchens A. (P B 5, 115 Nr. 2; 1898.)

**659\*.** Ansaugen durch Dampfströme. Dampfstrahlpumpe (Fig. 545a). Diese Strahlpumpe kann man leicht aus Glasröhren und Korken selbst machen. Der Erfolg ist sicher, wenn man den verengten Teilen von b und c genau die (in der Abbildung in halber Größe) angegebenen Abmessungen gibt. Jeder Schenkel der an c anzusetzenden Springröhre sei ~ 3 cm lang und eben so weit wie c. Die Spitze des aufwärts gerichteten Schenkels soll eben so weit oder wenig enger sein als die Ausströmungsmündung von b.

An d kann man eine 10 bis 15 cm lange Saugröhre mit Gummischlauch ansetzen. Der Gummischlauch, der die Dampf- ausströmungsröhre mit der Blase oder der Kochflasche verbindet, muß streng auf die Glasröhren passen, damit er schließt, ohne daß man ihn festbindet. Das darf man nicht, damit er bei zu groß werdendem Dampfdruck von den Röhren abgleitet und nicht der Schlauch zerreißt oder das Glasgefäß zerspringt.

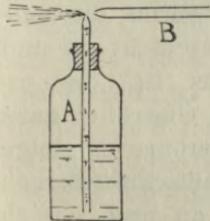


Fig. 545.

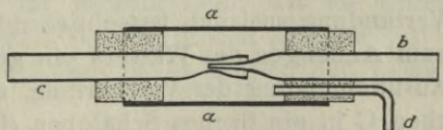


Fig. 545a.

a) Halte die Röhre d in ein Glas Wasser und blase bei b kräftig mit dem Munde. Die Flüssigkeit steigt in der Röhre d und kommt in das weite Glasrohr a.

b) Verbinde die Röhre b durch einen Gummischlauch mit einer Blase oder einem großen Kolben mit nicht zu enger Dampfabzugsröhre, tauche die Steigröhre d in ein Glas Wasser und stelle ein leeres Becherglas unter die Röhre c. Strömt der Dampf kräftig aus, so tritt die Saugwirkung ein. Setze, sobald das Wasser aus c lebhaft ausfließt, an c mit einem Stückchen Gummischlauch eine kurze Glasröhre an, die rechtwinklig nach oben gebogen ist und an ihrem obern Ende in eine Spitze ausgezogen ist. Das Wasser wird aus dieser Spitze in kräftigem Strahl herausgetrieben. — (W V 382.)

c) Laß bei b Wasser zufließen und bei c ausfließen. Bei d wird Luft eingesogen. Die Vorrichtung ist dann ein einfaches Vorbild einer Wasserluftpumpe. (R 2, 100.)

#### 660. Ansaugen durch Wasserströme.

a) Versieh die Glasröhre A (Fig. 546) von 4 bis 5 mm Weite und ~ 1 mm Wandstärke an dem einen Ende, das nicht vor der Lampe glatt geschmolzen ist, mit dem weitem Ausflußrohr B. Biege dies

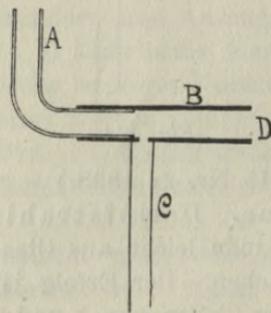


Fig. 546.

aus Zinkblech so zusammen, daß es sich noch eben über die Glasröhre schieben läßt. Lege die Ränder des Blechstückchens nicht übereinander, sondern stoß sie nur genau aneinander und löte die Fuge zu. Löte ferner 2 cm von der Ausflußmündung D ein etwas engeres, 4 bis 5 cm langes Blechröhrchen C, das am obern Ende rundlich ausgefeilt ist, von außen auf (nicht ein). Erwärme die Glasröhre A, trage eine Siegelackschicht auf und schiebe, sobald diese erkaltet ist, das erwärmte Blechrohr B so weit auf, daß das Ende der Glasröhre ganz nahe an das enge Rohr C kommt. Setze die Glasröhre A einige Zentimeter über der Biegung mit Siegelack oder Kautschukschlauch an eine 1 m lange und 0,8 bis 1 cm weite Röhre an und versieh diese oben mit einem Einguß. Bedient man sich der Wasserleitung (vgl. S. 246 Nr. 476), so läßt man die Glasröhre A 8 bis 10 cm lang gerade und kittet am Ende ein kurzes dickeres Rohr auf, um den Verbindungsschlauch festschließend aufzuschieben zu können. — Stelle

zum Auffangen des Wassers ein geräumiges Gefäß (Schüssel) vor die Ausflußmündung der Vorrichtung, tauche das abwärts gerichtete Röhrchen C in ein flaches Schälchen (Untertasse) mit Wasser, das durch etwas Fuchsinlösung stark rot gefärbt worden ist. Laß einen Gehilfen den Einguß mit Wasser füllen und voll erhalten. Halte, sobald der Strahl bei D ausfließt, den Finger davor; verschließ nicht die Mündung D, sondern verenge sie nur. Nach dem Wegnehmen des

Fingers fließt bei D ein voller Wasserstrahl aus, der durch die aus dem Schälchen emporgesogen rote Flüssigkeit gefärbt wird. (W V 205.) — Die Vorrichtung ist leicht mit Dampf zu betreiben, nur muß man dann die Glasröhre mit dem Blechrohr durch ein übergeschobenes und festgebundenes Stückchen Gummischlauch verbinden, weil der Dampf den Siegelack erweicht. (W V 383.) Vgl. S. 159 Nr. 334.

b) Blase mit einem angesetzten Kautschukschlauch einen kräftigen Luftstrom in die Glasröhre A hinein. Das Wasser wird in dem senkrechten Rohre C gehoben und bei D in kleinen Tropfen ausgeschleudert. (W V 207.) — Schwalbe ließ statt Wasser auch Flammen, Watte, Papierfahnen, Sägespäne, trocknes Mehl, Ruß, feinen Sand, ja sogar Eisenstaub ansaugen.

c) Blase an eine Haarröhre A (Fig. 547), etwa in der Mitte, eine Kugel B. Tauche das eine Ende in Wasser und sauge mit dem Munde kräftig am andern Ende. Die Kugel füllt sich sehr langsam mit Wasser. Dies wird in dem untern Teile der Haarröhre emporgesogen, bildet in der Kugel einen Strahl, der in den obern Teil der Röhre eindringt und dort emporsteigt, während die Kugel fast leer bleibt. Dabei wird Luft aus der Kugel mitgerissen; auch dringt ein Teil des Wassers nicht in den obern Teil der Röhre ein. Statt unmittelbar an der Röhre zu saugen, ist es besser, die in Fig. 547 abgebildete Vorrichtung herzustellen und an der Röhre E zu saugen. Durch das Saugen an der Röhre E wird in der Flasche C, die das in der Röhre A emporsteigende Wasser aufnimmt, die Luft verdünnt. Die Flasche ist durch einen luftdichten Kautschukstopfen verschlossen, durch dessen Durchbohrungen die Röhren A und E hindurchführen.

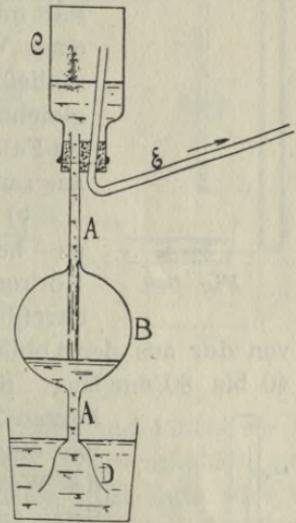


Fig. 547.

Auch in der Flasche C entsteht ein Strahl, der jedoch wegen der mitgerissenen Luft nicht so geschlossen ist, wie der in der Kugel. Die Haarröhre A läuft am untern Ende in einen Trichter aus. Dies gestattet, den Versuch umzukehren. Stelle die Flasche auf den Tisch, ziehe die Saugröhre E so weit heraus, daß ihr unteres Ende fast die Unterseite des Stopfens erreicht, und gieß Wasser in den Trichter. Wie vorher entsteht ein Strahl, und die Kugel bleibt längere Zeit nahezu leer. (Sl 67.)

**661.** Wasserluftpumpen. a) Aeolus (Fig. 548). Versieh eine Glasröhre mit einem seitlichen Ansatz und verbinde ihn durch einen Kautschukschlauch, der zur Regelung des Zuflusses mit einem Schraubenquetschhahn versehen ist, mit einem hoch stehenden Wasserbehälter oder einer Wasserleitung mit geringem Druck. Laß so viel Wasser

zutreten, als durch das Fallrohr der Vorrichtung abfließen kann. Verbinde das obere Ende der Röhre durch einen Schlauch mit einem engen Heberdruckmesser. Die Flüssigkeit bleibt darin im Gleichgewicht. Sperre nun plötzlich durch rasches Zudrücken den Schlauch dicht an der Stelle ab, wo er auf dem seitlichen Ansatz sitzt. Im Fallrohr bleibt eine Wassersäule hängen, und der Messer zeigt einen Druck an, der um die Höhe dieser Wassersäule kleiner ist als der Luftdruck. Laß jetzt das Wasser mäßig stark laufen, und zwar so lange, bis es keine Luftblasen mehr mitführt, und vergleiche wieder die Höhen der Wassersäulen in dem Druckmesser und in dem Aeolus. Diese Höhe ist etwas kleiner als jene. Verbinde den oberen Teil des Aeolus statt mit dem Druckmesser mit einer Spritzflasche oder einer Waschflasche. Es wird Luft angesogen. Verschließ durch plötzliches Zudrücken der Schläuche gleichzeitig den Zutritt des Wassers und der Luft. Im Fallrohr bleibt eine Säule hängen, die abwechselnd aus Luftblasen und Wassersäulchen besteht. (W D 197.)

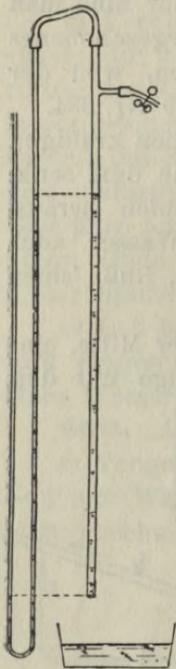


Fig. 548.

b) Versieh eine kurze weite Glasröhre F (Fig. 549) an beiden Enden mit (nötigenfalls eingekitteten) Korken, wovon der obere doppelt, der untere einfach durchbohrt ist. Schiebe durch alle Löcher Glasröhren

von der aus der Abbildung ersichtlichen Form und mache die untere 40 bis 80 cm lang. Schiebe über die beiden obern Glasröhren die kurzen Kautschukschläuche E und B und versieh E mit einem Schraubenquetschhahn C, um die Stärke des Wasserstrahls, der einfließen soll, regeln zu können.

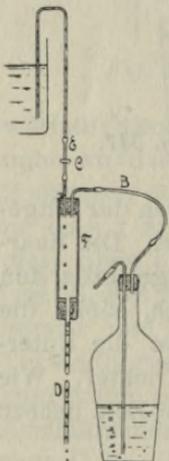


Fig. 549.

Setze an das obere Ende des Schlauchs E wie in der Abbildung einen gewöhnlichen Heber oder eine mit einer Wasserleitung verbundene Glasröhre. Verbinde den Schlauch B, wodurch die Luft eintritt, mit der Vorrichtung, wodurch die Luft hindurchgesogen werden soll, z. B. mit dem Blasrohr einer Spritzflasche. Halte den Schlauch B mit den Fingern zu, öffne den Hahn C und sauge mit dem Mund an D, bis hier Wasser ausfließt. Laß durch C so viel Wasser zufließen, wie durch D abfließt, und öffne B. Es wird keine Luft angesogen.

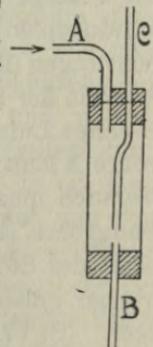


Fig. 550.

Verenge E mit dem Hahn C. Es strömt durch B Luft zu. (W V 177.)

c) Kaleczinski (A T 70 nach Chem. Centr. Blatt 1885, S. 546) hat der Wasserluftpumpe die in Fig. 550 abgebildete Gestalt gegeben.

Die 1,5 cm weite Röhre A verbindet man mit der Wasserleitung, das Wasser fällt durch die 1,5 m lange Röhre B ab und reißt fortwährend Luft mit, die durch die Röhre C eintritt. Die mitgerissene Luft kann, wie weiter unten angegeben ist, zu dem Betreiben eines Gebläses ausgenutzt werden. Vgl. S. 353 Nr. 658k\*.

d) Zur Erzeugung größerer Druckunterschiede benutzt man eine Wasserluftpumpe, die mit der Wasserleitung ( $\sim 3$  Atm.) zu verbinden ist. Gerühmt wird jetzt die recht billige Pumpe von Wetzel. Die einzelnen Stücke sind oft in der Wirkung sehr verschieden; man suche sich daher mit Hilfe eines Druckmessers aus einem Vorrat das beste aus. Die Wasserluftpumpe befestigt man am Wasserhahn mit einem meterlangen Druckschlauch (Gummischlauch mit Einlage oder auch Leinwandhülle), den man mit besponnenem Kupferdraht festbindet, und versieht sie mit einem 60 cm langen Saugschlauch. Um das störende Geräusch und das Spritzen des herauschießenden Strahls zu verhindern, steckt man mit einem durchbohrten Kork auf das Fallrohr ein  $\sim 15$  mm weites und 10 cm langes Verlängerungsrohr und senkt dieses beim Gebrauch bis in das Unterwasser des Abflusses. F. C. G. Müller (M T 125) rät dringend, für die Strahlpumpe ein besonderes Gestell zu beschaffen, woran sie dauernd verbleibt.

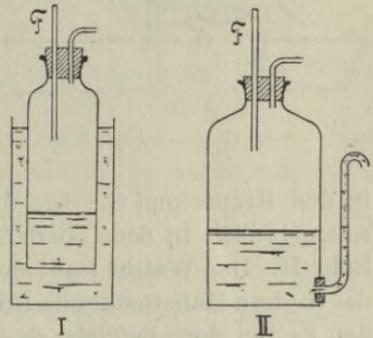


Fig. 551.

**662. Gebläse.** a) Soll die Wasserluftpumpe zum Erzeugen von Druckluft mit geringem Überdruck dienen, so lasse man das Luftzuführungsrohr offen und führe wie in Fig. 551 I und II das Fallrohr F in ein Gefäß. Dort scheiden sich Luft und Wasser, die durch F zugeführt werden. Die Luft wird im Gefäß gesammelt, das Wasser läuft über den Rand des Standglases oder durch das Seitenrohr ab.

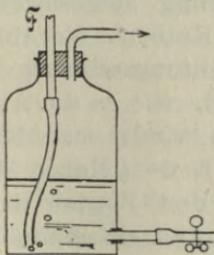


Fig. 552.

b) Ein ziemlich wirksames Gebläse erhält man, wenn man das untere Ende der Wetzelschen Luftpumpe in eine Flasche ( $2000 \text{ cm}^3$  oder mehr) einsetzt, die nahe dem Boden durchbohrt ist. In das Loch setzt man mit einem kurzen Kautschukschlauch eine kurze Glasröhre ein, darüber schiebt man einen Kautschukschlauch, worauf ein Schraubquetschhahn sitzt (Fig. 552). Man stelle den Hahn so,

daß bei der Tätigkeit die Flasche etwa zu einem Drittel gefüllt bleibt. Ebenso kann man die in Fig. 551 abgebildeten Vorrichtungen verwenden, nur muß man ihre Abmessungen in lotrechter Richtung vergrößern und in II das Abflußrohr sehr weit wählen. Der Druck, der zum Betreiben eines mittlern Gebläses erforderlich ist,

beträgt  $\sim 30$  cm Wasser. (Ostwald-Luther, Physiko-chemische Messungen<sup>3</sup> 293.) Vgl. auch Wood, Phys. Zeitschr. 8, 517; 1907.

c) F. C. G. Müller (M T 126) empfiehlt das folgende einfache Gebläse, das man selbst anfertigen kann: A (Fig. 552a) ist eine

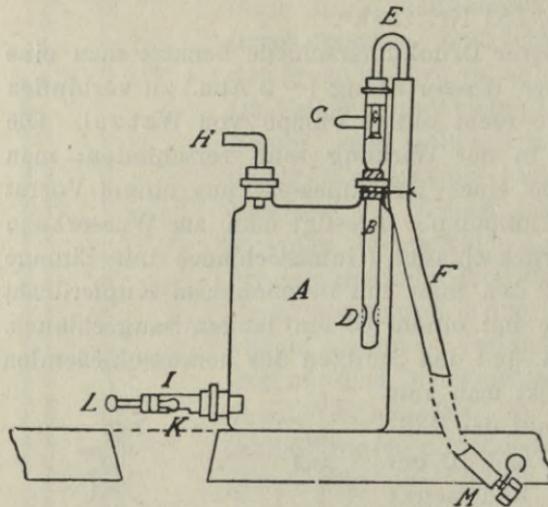


Fig. 552a.

größere Flasche mit Ausflußhals am Boden, eine sogenannte Klärflasche. In dem einen Halse sitzt das Fallrohr B. Sein engerer, in die Flasche ragender Teil ist am Ende zugeblasen, aber mit großen seitlichen Öffnungen D versehen, während an den weitem obern Teil der Saugstutzen C angesetzt ist. Das Druckwasser tritt durch das Messingrohr E, das ein Stopfen in der Mündung von B festhält,

in den Brausekopf G. Die durch die Strahlengarbe mitgerissene Luft sammelt sich in dem obern Teil der Flasche und entweicht durch das Rohr H. Das Wasser staut sich unten in der Flasche an und fließt durch das in dem Hals steckende Rohr I ab. Man muß den Abfluß so regeln, daß es bei dem Betriebe des Gebläses nicht zu hoch in der Flasche emporsteigt. Die Regelung geschieht auf folgende Weise: In das  $\sim 2$  cm weite Rohr I ist eine  $\sim 3$  cm lange und 1 cm weite Ausflußöffnung K geblasen. Vorn ist das Rohr durch einen Kork verschlossen. Durch seine Durchbohrung ist mit gelinder Reibung der Glasstab L verschiebbar, der an dem innern Ende kolbenförmig aufgestaucht worden ist. Man kann durch Einschieben dieses Kolbens die Ausflußöffnung nach Wunsch verengen. Den Wasserleitungsschlauch F bindet man zur Entlastung von E in der Weise fest, wie es die Abbildung zeigt. Bei dem Nichtgebrauch des Gebläses windet man den Schlauch um die Flasche und hängt ihn an H mit dem Haken M, der an der Anschlußschraube angebracht ist. Für den Betrieb der Glasbläserlampe genügt eine Flasche von 2 l Inhalt und ein Fallrohr von 20 mm oberer und 10 mm unterer Weite. Die Brause wird dann durch ein ohne weiteres auf die Mündung des 10 mm weiten Rohrs E gelötetes, mit einer feinen Nadel durchlochtetes Scheibchen Schablonenblech gebildet. Zahl und Weite der Löcher wählt man so, daß 4 bis 5 l Wasser in der Minute hindurchgehen. Zu dem Betrieb eines kleinen Fletscher-Gebläseofens ist ein Wasserverbrauch von 8 bis 10 l in der Minute erforderlich. Demgemäß muß man die Flasche doppelt

so groß und die Durchmesser des Fallrohrs und des Brausekopfs um die Hälfte größer nehmen. Der geförderte Luftraum ist das Fünffache des verbrauchten Wasserraums. Der Druck beträgt nur wenige Zentimeter Quecksilber.

**663.** Druckreglung eines Luftstroms. Handelt es sich darum, den Druck eines Luftstroms unverändert zu erhalten, so zweigt man von der Hauptleitung mit einem T-Stück eine Nebenleitung zum Regler ab. Dieser besteht, wenn es sich um Überdruck handelt, einfach aus einer Glasröhre, die man in ein oben offenes Einmacheglas voll Wasser einsenkt (Fig. 553). Der Überdruck wird durch die Tiefe  $h$  der Röhrenmündung unter dem Wasserspiegel bestimmt, indem jeder Überschuß an Gas durch die Röhre entweicht. Ist dagegen ein Unterdruck unverändert zu halten, so benutzt man eine Mariottische Flasche (Fig. 554), die man in die Leitung einschaltet. Wirkt die Pumpe zu stark, so tritt Luft durch die beiderseits offene

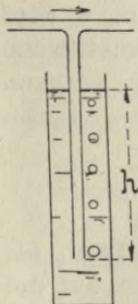


Fig. 553.

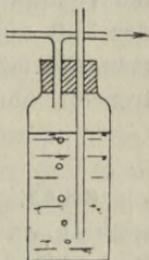


Fig. 554.

Röhre ein, und es erhält sich der Unterdruck unverändert. Man nehme die Röhren ziemlich weit und regle den Strom so, daß eine langsame Folge von Blasen austritt. (Ostwald-Luther, a. a. O. 293.)

**664.** Quecksilberluftpumpe (Fig. 555). Man setzt sie aus drei Baileyschen Gefäßen zusammen. Mit dieser Pumpe kann man nahezu alle Luft aus der Flasche D entfernen. Die Vorrichtung selbst ist billig, doch erfordert sie viel Quecksilber, Zeit und Aufmerksamkeit. Immerhin lohnt sich der Bau der Pumpe, wenn auch nur zu dem Zweck, ihre Arbeitsweise zu untersuchen. Hat man einen Retortenständer und einen Glastrichter, so kann man diese statt des Gefäßes A und seiner Unterlegklötze benutzen. Ein Schraubenquetschhahn F ist zweckmäßiger als eine Wäscheklammer, die zur Not ausreicht. Statt des Gefäßes B läßt sich auch eine kleine umgekehrte Flasche verwenden, deren Boden man abgesprengt hat. Die Röhre E reicht von B bis in C hinein. Will man die Pumpe wirklich benutzen und ist eine nahezu vollständige Luftleere erwünscht, so muß die Röhre mindestens 76 cm lang, eng

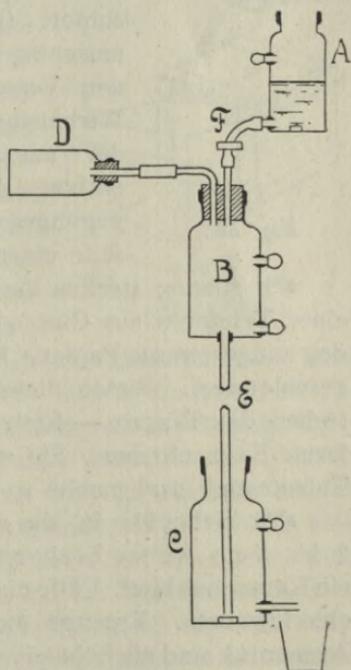


Fig. 555.

die Pumpe wirklich benutzen und ist eine nahezu vollständige Luftleere erwünscht, so muß die Röhre mindestens 76 cm lang, eng

und dickwandig sein. Will man nur die Wirkungsweise der Pumpe zeigen, so genügen auch zwei oder drei Rohrstücke, die man durch kurze Kautschukschläuche verbindet. Hat man nur wenig Quecksilber, so muß man es häufig von C nach A zurückgießen. Man gebraucht dazu zwei Becher. Kippt man beim Entleeren das Gefäß C ein wenig, so reicht die Zeit, wo kein Ausfluß stattfindet, aus, um die Becher auszuwechseln. Berühren die Glasröhren zwischen B und D einander nicht nahezu oder ganz, so wird der Verbindungsschlauch stark zusammengepreßt und das Ausströmen der Luft aus D verhindert. Berühren die Röhren einander, so kann man sie, falls man den Schlauch an D sitzen läßt, bei etwas Sorgfalt trennen, ohne daß Luft eintritt. (B J 86 aux. 17.)

### § 35. Wirbelbewegungen.

**664\*.** Fülle den Mund mit Rauch und spitze den Mund, als wolltest du O sagen. Klopfe dann mit einer Fingerspitze auf die Backe. Es bilden sich Ringe von 2,5 bis 5 cm Durchmesser. (D A 172.)

**665.** a) Verfertige aus Spielkarten eine Schachtel, mache in die obere Wand ein Loch, fülle den Kasten mit Tabakrauch und knipse mit dem Daumen gegen die untere Wand (Fig. 556). Aus der Öffnung steigen regelmäßige Rauchringe empor. (LN 9, 149; 1881.) Auch mit einem Briefumschlag oder einer Streichholzschachtel kann man den Versuch ausführen. Die Bewegung in einem Wirbelringe gleicht der eines dicken Gummiringes, der um einen Stock gespannt ist und darauf entlang gerollt wird, nur ist der Drehsinn entgegengesetzt, d. h. so, als ob der Ring auf der Innenseite einer Walze gerollt würde.

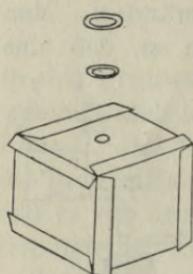


Fig. 556.

a\*) Spanne starkes Papier über die 8 bis 10 cm weite Mündung eines Trichters aus Glas oder Blech. Knipse mit dem Finger gegen das ausgespannte Papier. Ein Wirbelring wird aus dem Stiel herausgeschleudert. Richte diesen gegen das Gesicht. Man fühlt das Auftreffen des Ringes. — Richte den Stiel gegen eine 90 bis 120 cm entfernte Kerzenflamme. Sie wird ausgeblasen. — Fülle den Trichter mit Tabakrauch und mache so die Ringe sichtbar. (D A 172.)

a\*\*) Schneide in die eine Schmalwand einer Zigarrenkiste ein 2 bis 3 cm weites Loch und ersetze ihre andere Schmalwand durch ein Kautschukblatt. Fülle die Kiste mit Tabakrauch oder mit Ammoniumchloridnebeln. Erzeuge diese, indem du in die Kiste ein Schälchen Ammoniak und ein Schälchen Salzsäure stellst. Klopfe mit einem Finger oder einem Klöppel gegen die Haut. Ein Rauchring dringt langsam vorwärts, um seine Leitlinie wirbelnd und sich vergrößernd. Klopfe kurz danach noch einmal, aber etwas stärker. Der neue Ring drängt sich durch den ersten, ihn stark vergrößernd und verzögernd; dann

zieht er, selbst langsamer und größer werdend, ihn hinter sich her und manchmal noch durch sich selbst hindurch. — Laß mit zwei gleichen Vorrichtungen Ringe nebeneinander und gegeneinander laufen. Beachte die Zähigkeit, womit die Ringe ihre Selbständigkeit wahren. (VA 133.)

b) Verfertige aus Pappe (vgl. F 1, 1) einen würfelförmigen Kasten von  $\sim 15$  cm Kantenlänge. Schneide vor dem Zusammenkleben aus der einen Seitenwand ein Quadrat von 12 cm Seitenlänge heraus und verschließe das so entstandene Fenster von innen her mit einer angeklebten Glasscheibe. Mache in die Mitte des Deckels ein kreisförmiges Loch von 3 oder 4 cm Durchmesser. Blase Zigarrenrauch in die Schachtel und schlage dann mit dem Finger oder einem Hämmerchen gegen eine Wand. Der Rauch tritt aus der Öffnung in Gestalt eines Ringes aus. — Sieh durch das Fenster in das Innere des Kastens und erzeuge einen Rauchring. In demselben Augenblick, wo der helle Rauchring in die Luft eindringt, tritt ein dunkler Luft-ring in den Rauch im Kasten ein und ist nach Größe und Bewegung das Spiegelbild des äußern Rauchringes. (D 82.)

b\*) Stelle zur Erzeugung von Wirbelringen einen Holzkasten her, dessen Kanten 30 cm lang sind, und schneide aus der Mitte einer Wand ein 10 cm weites rundes Loch aus. Befestige mit einem Scharnier die gegenüberliegende Rückwand, einen Rahmen, worüber irgend ein dickes Baumwolltuch straff gespannt ist. Er soll, heruntergeklappt, den Kasten ausreichend dicht schließen. Die Fig. 556a stellt den Kasten mit hochgeklappter Rückwand dar. Es ist zweckmäßig, auf der Vorderseite zwei Leisten anzubringen, die so genutet sind, daß man einen Schieber einsetzen kann. Fertige verschiedene Schieber

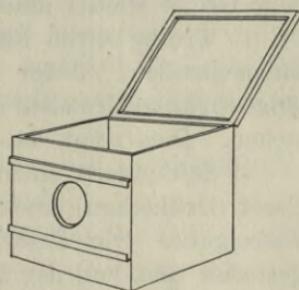


Fig. 556 a.

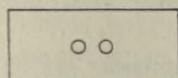


Fig. 556 b.

an mit Öffnungen, durch die man den Rauch her austreiben kann. Folgende Schieber sind nützlich: einer mit einem runden Loch von 7,5 cm Durchmesser, einer mit einer länglichrunden Öffnung, deren langer Durchmesser 7,5 cm und deren kurzer Durchmesser 5 cm ist, einer mit zwei Öffnungen von 2,5 cm Durchmesser in 4 cm Abstand nebeneinander (Fig. 556 b), einer mit zwei ähnlichen Löchern übereinander, einer mit drei Öffnungen von 2,5 cm Durchmesser, deren Mitten 6,5 cm von einander abstehen, einer mit einem quadratischen Loch von 5 cm Seitenlänge. Fülle zwei Untertassen (oder andere flache irdene Geschirre), die eine mit starkem wässerigem Ammoniak und die andere mit starker Salzsäure, stelle die Schalen in den Kasten und schließe die Rückwand. Dicke weiße Ammoniumchloridnebel erfüllen sofort den Kasten. Erhitzt man die Flüssigkeiten vor dem

Hineinstellen, so werden die Nebel dichter und daher für die Versuche noch geeigneter. Mit der Vorrichtung kann man folgende Versuche ausführen.

a) Schläge mit der Hand kurz gegen die Baumwollwand. Ein weißer Ring von 12 bis 15 cm Durchmesser wird herausgeschleudert und bewegt sich etliche Meter weit. Ist das Loch in dem Schieber kleiner, so wird auch der Ring kleiner und bewegt sich rascher.

β) Hebe die Rückwand um 2,5 cm bis 5 cm, laß sie scharf gegen den Kasten schlagen und erzeuge so einen Ring. Er bewegt sich geschwind 5 bis 7 m weit in gerader Linie durch die Luft, wenn ihn nicht Luftströmungen oder Gegenstände in der Nähe seiner Bahn ablenken.

γ) Ist der Tisch mehr als 3 m lang und steht der Kasten an der einen Schmalseite, so daß sich die Ringe über den Tisch der Länge nach bewegen, so sinken sie und zerschellen, als ob der Tisch sie anzöge. Stelle den Kasten schräg, um dies zu verhüten, doch verschütte dabei nicht die Flüssigkeiten in den Untertassen.

δ) Laß einen Ring einem andern folgen und ihn überholen. Fallen die Achsen der beiden Ringe zusammen, so dehnt sich der vordere aus, während der hintere sich zusammenzieht und durch den vordern und weitem hindurchschlüpft, worauf beide ihre ursprüngliche Größe wieder annehmen.

ε) Treibe einen Ring so hinter einem andern her, daß sie zusammenstoßen. Jeder wird umgestaltet und schwingt, indem er länglichrunde Gestalten annimmt, deren Achsen senkrecht aufeinanderstehen. Dies zeigt, daß die Ringe federn.

ζ) Schleudere einen Ring so, daß er dicht an der aufgehängten Faser (Drähtchen) eines Fadens oder an einem andern leichten Körper vorbeigeht. Die Faser wird von der Vorderseite des Ringes abgestoßen und von der Hinterseite angezogen.

η) Ein von dem länglichrunden Loch gebildeter Ring bewegt sich wie ein runder vorwärts, aber er schwingt kräftig, wobei er seine Gestalt ändert wie die Ringe bei dem Versuch (ε).

θ) Ein dreieckiges Loch erzeugt auch einen schwingenden Ring.

ι) Setze den Schieber mit den beiden Löchern ein und klopfe mit dem Finger sanft auf die Tuchwand. Es entstehen kleine, aber gut gebaute Ringe. Sie bewegen sich so langsam, daß man ihre Bewegungen bequem beobachten kann.

κ) Die beiden so erzeugten Ringe stoßen stets zusammen; sie bewegen sich niemals in gleicher Richtung.

λ) Nach dem Zusammenstoß trennen sich die beiden so gebildeten Ringe und bewegen sich stets voneinander fort in einer Ebene, rechtwinklig zur Stoßebene. Liegen die beiden Löcher des Schiebers wagerecht nebeneinander, so prallen die Ringe in einer lotrechten Ebene voneinander ab. Liegen die Löcher lotrecht übereinander, so prallen die Ringe in wagerechter Ebene voneinander ab.

μ) Prallen die Ringe nicht voneinander ab, so zerreißt jeder an der Berührungsstelle, und beide verschmelzen zu einem einzigen Ringe, der den doppelten Durchmesser hat. Dieser Ring bewegt sich in einer Geraden senkrecht zur Vorderwand des Kastens und schwingt wie der Ring, der mit dem länglichrunden Loch erzeugt wird.

ν) Benutzt man den Schieber mit drei Löchern, so prallen die Ringe nach dem Stoß voneinander ab oder zerreißen an den Berührungsstellen und verschmelzen zu einem einzigen Ringe.

ξ) Ein Ring bewegt sich stets in der Richtung, die rechtwinklig zu seiner eigenen Ebene steht. (Selbstverständlich kann ein Ring durch Luftströmungen abgelenkt werden; aber das ist keine wahre Eigenbewegung des Ringes.)

ο) Stößt der Ring auf eine Fläche, die die gleiche Stellung wie seine eigene Ebene hat, so wächst sein Durchmesser, aber sein Querschnitt nimmt ab.

π) Erzeuge mit zwei Kästen Ringe, die sich unter einem beliebigen Winkel und mit verschiedenen Geschwindigkeiten aufeinander zu oder voneinander fort bewegen. Laß Ringe verschiedener Größe sich in derselben Geraden gegeneinander bewegen. Der kleinere Ring geht durch den größern, und der mit der geringern Geschwindigkeit wird in der Luft zum Stillstand gebracht, während der andere mit verminderter Geschwindigkeit weitergeht. Nachdem der sich bewegende Ring um 30 bis 60 cm fortgeschritten ist, beginnt der angehaltene Ring sich weiter zu bewegen, als ob er in seiner ursprünglichen Richtung einen Stoß erhalten hätte.

Die Flüssigkeiten in den Untertassen kann man so verdünnen, daß sie für alle angegebenen Versuche ausreichen.

Auf der Oberfläche des wäßrigen Ammoniaks kann sich eine Kruste aus Ammoniumchlorid bilden; man muß sie entfernen. Erhitzt man die Flüssigkeiten von neuem, so können sie für wenige Minuten zu weitem Versuchen dienen. Es ist vorteilhaft, die Ringe vor einem dunklen Hintergrund zu erzeugen und sie mit einem Lichtbündel zu beleuchten, das die Richtung der Hauptbewegungen der Ringe hat. — (D A 172.)

c) Entferne von einem Kasten ( $45 \times 45 \times 45$  cm<sup>3</sup>) eine Wand, klebe Papier auf der Innenseite über die Kanten der Kiste, um sie zu dichten, schneide aus der Wand, die der Öffnung gegenüber liegt, ein scharfrandiges rundes Loch heraus, verschließ es mit einem flachen Pappdeckel und nagle dünnes Segeltuch fest über die offene Seite (Fig. 557). Führe in zwei Löcher, die nebeneinander in eine Seitenwand des Kastens gebohrt worden sind, rechtwinklig gebogene Glasröhren ein, deren andere Enden mit Korken in den Hälsen zweier Flaschen befestigt sind. Die eine Flasche enthält eine wässrige Lösung von Ammoniak und

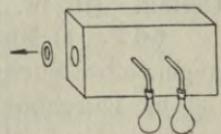


Fig. 557.

die andere Salzsäure. Erwärme beide Flaschen und fülle so den Kasten mit Ammoniumchloridnebeln. Entferne die Verschlusspappe, schlage auf das Segeltuch und beobachte die allgemeine und die innere Bewegung der entstehenden Wirbelringe. Schleudere einen Rauchring gegen eine Kerzenflamme, die 6 m entfernt ist. Sie erlischt. Treibe rasch hintereinander zwei Ringe aus dem Kasten und erteile dem zweiten eine etwas größere Geschwindigkeit als dem ersten. Beobachte bei dem Aufeinanderprallen der Ringe ihre Festigkeit und ihr Federn. (Die Ringe müssen große Drehgeschwindigkeiten haben.) Versuche mit dem Messer einen Ring zu durchschneiden. (G 63; 136 Nr. 9; 151 Nr. 4 und 5.)

d) R. W. Wood (Nature 63, 418; 1901. S 15, 351; 1902) benutzte einen Kasten aus Kiefernholz ( $1 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$ ), dessen eine Wand ein 25 cm weites Loch hatte. Über die gegenüberliegende offene Wand waren übereck zwei starke Kautschukschläuche ausgespannt, und darüber war schwarzes Wachstuch ziemlich lose aufgenagelt. Die Vorrichtung liefert Luftringe von großer Wucht. Man hört das Anschlagen gegen die Wand und fühlt das Auftreffen im Gesicht. Die großen Ringe werfen flache Pappschachteln um und löschen große Leuchtgasflammen aus. Will man die Ringe sichtbar machen, so füllt man den Kasten, wie bei (c), mit Ammoniumchloridnebeln.

e) Versieh den Boden einer Büchse aus Weißblech mit  $\sim 200$  kleinen Löchern von 1,7 mm Durchmesser, fülle die Büchse mit Rauch und blase einen kräftigen Luftpuff in das offene Ende. An der Siebfläche entsteht ein schöner Wirbelring. (R. W. Wood, a. a. O.)

**666.** a) Fülle eine 2 bis 2,5 cm weite Röhre aus Glas oder Papier durch langsames Einblasen mit Tabakrauch und stoße dann einen nicht zu schwachen und nicht zu starken Luftpuff in das eine Ende. Es entstehen schöne und deutliche Ringe. Blase die Ringe in ruhiger Luft vor einer weißen Lampenglocke oder im vollen Sonnenlicht.

b) Verschließe mit einem straff gespannten Stück Leinwand das eine Ende einer Röhre aus Papier oder Glas und blase damit Rauchringe.

c) Stecke in jeden Mundwinkel eine Papierröhre, halte sie gleichgerichtet und blase damit zwei Ringe von geringer Drehgeschwindigkeit. Sie vereinigen sich zu einem einzigen Ringe von sehr unsteter Gestalt. (R. W. Wood, a. a. O.)

**667.** a) Blase mit einer 2 bis 5 mm weiten Röhre Tabakrauch gegen eine feuchte Glasplatte. Es entstehen sehr flüchtige Ringe.

b) Durchbohre eine große Flasche nahe über dem Boden und setze in das Loch mit einem Kautschukschlauch eine kurze Glasröhre ein, schiebe einen kurzen Kautschukschlauch darüber, setze einen Schraubenquetschhahn darauf und stecke in den Schlauch eine gebogene Ausflußröhre (Fig. 558). Fülle die Flasche mit Wasser und setze in ihren Hals mit einem Kork eine ausgezogene Glasröhre, oder

noch besser ein Metallrohr, luftdicht ein. Laß das Rohrende in die Mitte der Flamme hineinragen und öffne den Quetschhahn. Das Wasser fließt aus, und eine glatte, weiße Rauchsäule fällt lotrecht auf den Wasserspiegel hinab, wo sie einander umschließende Ringe bildet. Deren Höhe nimmt bald mit der Dicke des Rauchs zu. Die Ringe haben um so größere Durchmesser, je stärker der Strom ist. Die Zahl der Ringe nimmt in dem Maß ab, wie die Rauchsicht dicker wird, die sich über den Wasserspiegel lagert. Statt des Kerzenrauchs, der eine fettige Masse ablagert, kann man auch Tabakrauch verwenden. (L N 12, 319; 1884.)

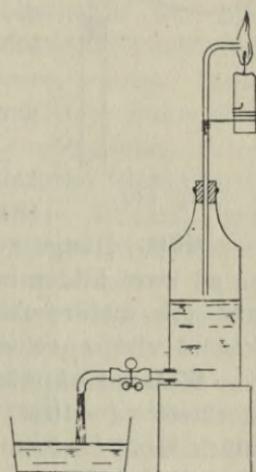


Fig. 558.

## § 36. Bewegung fester Körper in der Luft\*.)

### 1. Der Luftwiderstand.

**668.** Fallschirm. Schneide aus dünnem Papier einen Kreis von  $\sim 30$  cm Durchmesser, falte ihn mehrmals so, daß alle Brüche durch den Mittelpunkt gehen. Runde mit der Schere den untern Rand des zusammengefalteten Kreises aus. Befestige an jeder Spitze einen 45 cm langen Faden, knüpfe sie alle unten zusammen und wickle um den Knoten ein Stück Blattsinn, worin Schokolade od. dgl. eingeschlagen war (Fig. 559). Falte das Papier wieder zusammen und wirf es so hoch wie möglich. Es öffnet sich beim Fallen und sinkt langsam zu Boden. (B S 58 Nr. 54. F 1, 67 Nr. 100.)

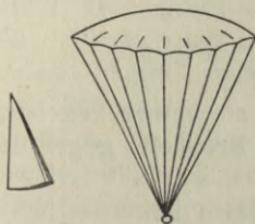


Fig. 559.

**669.** Schneide aus Seidenpapier einen Kreisabschnitt, dessen Halbmesser 6 cm und dessen Winkel  $270^\circ$  ist, und klebe die Halbmesser mit wenig Fischleim zusammen. Bestimme die Masse (m gr) des Fallschirms (Fig. 560) und stelle aus zusammengerolltem dünnem Draht Massen her, die gleich m, 2 m und 3 m sind. Diese legt man bei einigen Versuchen in den Fallschirm hinein. Stelle etliche gleich schwere Fallschirme her und verwahre sie zwischen zwei etwas größern, im übrigen aber gleich geformten Schirmen aus festem Zeichenpapier oder aus Karton. Hänge bei den Versuchen den Fallschirm mit abwärts gerichteter Spitze in einen Drahtring, der an einer einige Meter langen Holzstange befestigt



Fig. 560.

\*) Vgl. F. 1, 66 § 40 Nr. 92 bis 96.

ist (Fig. 561). Für die Versuche sind hohe Hallen oder Treppenhäuser günstig. Miß die Fallstrecke mit lotrecht aufgestellten Latten, die in Dezimeter geteilt sind, oder mit Wandmarken und die Fallzeiten mit der Stoppuhr oder dem Taktschläger (Metronom).

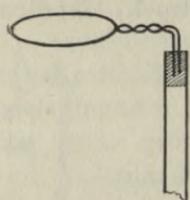


Fig. 561.

a) Miß die Fallwege in der ersten, zweiten, dritten usw. Sekunde.

b) Miß die gleichbleibenden Endgeschwindigkeiten des Schirms zuerst ohne, dann mit Belastung. — (Bahrdt, Z 26, 1; 1913.)

**670.** Hänge zwei runde Pappscheiben von  $\sim 15$  cm Durchmesser so an zwei Fäden auf, daß beim Schwingen die eine mit der Fläche und die andere mit dem Rande durch die Luft dringt. Die erste kommt viel schneller zur Ruhe. (F 1, 134 Nr. 307.)

**671.** Luftmühle. Verfertige aus dünnem Pappdeckel zwei Rechtecke ( $\sim 10$  cm  $\times$  5 cm) und stutze die Ecken ab. Schneide ein Stück Holz ( $\sim 5$  cm  $\times$  0,6 cm  $\times$  0,6 cm) zu und mache in jede Stirnfläche einen Einschnitt, nicht tiefer als 0,9 cm. Bohre mit einem glühenden Eisendraht in der Richtung der beiden sich schneidenden kurzen Achsen zwei Löcher durch das Holz. Setze diese Mühle so auf eine Hutnadel oder Tuchnadel (Fig. 562), daß die breite Seite das eine Mal lotrecht und das andere Mal wagerecht steht. Wenn die angestoßene Luftmühle mit dem schmalen Rande die Luft durchschneidet, so bewegt sie sich länger, als wenn bei gleich starkem Anstoß die Breitseite gegen die Luft drückt. (BS 56 Nr. 52. F 1, 68 Nr. 101.)

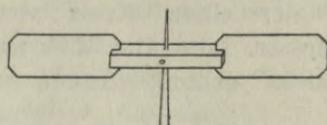


Fig. 562.

**672.** Schweben kleiner Teilchen in der Luft.

a) Stelle in  $\sim 1\frac{1}{2}$  m Entfernung voneinander zwei Bunsenbrenner auf, wovon der eine ein vielfacher Brenner ist, also eine große Flamme hat. Setze den kleinen Brenner auf Asbestpappe und laß dann beide Brenner mit blauer Flamme brennen. Verdunkle das Zimmer und laß die Zuschauer eine Minute lang nach der großen Flamme sehen, damit sie wissen, wie diese im Dunkeln aussieht. Streue nun 10 bis 20 cm<sup>3</sup> des feinsten Eisens (Ferrum limatum pulverisatum subtilissimum, bezogen von E. Merck zu Darmstadt) aus etwa Armhöhe langsam in die kleine Flamme. Die Eisenteilchen verbrennen sofort und bilden einen schönen Feuerregen. Bleibe bei der kleinen Flamme stehen. Nach längstens einer halben bis einer Minute verbrennen auch in der großen Flamme andauernd Eisenteilchen. Speist man die große Flamme mit einem genügend langen Schlauch und läßt man einen Zuhörer diese Brenner bewegen, so kann man leicht zeigen, daß sich in der Zimmerluft überall, sogar an der Decke, Eisenteilchen vorfinden, obwohl sie 6000 mal so schwer als die Luft sind.

b) Fülle vier Erlenmeyersche Kochflaschen einige Zentimeter hoch mit kristallisiertem Natriumthiosulfat, schließe die Hälse mit ziemlich dichten Wattepfropfen und stelle die Flaschen auf ein Drahtnetz über dem Boden eines Topfs, worein etwas Wasser gebracht ist. Laß die Flaschen etwa eine halbe Stunde darin stehen, fortwährend von Dampf umströmt, so daß sie überall  $\sim 100^\circ$  warm werden. Stelle nun drei Flaschen dicht nebeneinander auf den Tisch, nimm ihre Wattepfropfen weg und stülpe über die Flaschen ein Standglas. Setze auf dessen Boden die vierte Flasche und entferne ihren Wattepfropf. Sind während der letzten Zeit in dem Raum keine Versuche mit Natriumthiosulfat gemacht worden, so bleibt der Inhalt der Flaschen gewöhnlich flüssig. Verreibe lange vorher in einem andern Raum etwas Natriumthiosulfat zusammen mit etwas Weizenmehl möglichst fein in einem Mörser und bringe die Mischung in einen Pulverbläser (Insektenpulverspritze). Blase fünf Minuten nach dem Entfernen des Wattepfropfs in den Zimmerecken Wolken dieses Pulvers in die Luft. Nach etwa einer Minute beginnt in der unbedeckten Flasche die Kristallbildung, und zwar an der Oberfläche der Flüssigkeit ungefähr lotrecht unter dem Hals. (Das kann man noch deutlicher zeigen mit einer Flasche von verhältnismäßig größerer Bodenfläche, z. B. mit einer sogenannten Gayonschen Flasche [bezogen von Dr. Rohrbecks Nachfolger zu Berlin], wo der Boden 20 cm und der Hals 1,5 cm weit sind.) Die Inhalte der drei bedeckten Flaschen bleiben vollkommen klar. Nimm nach einigen Minuten das darüber gestülpte Glas weg. Alsbald beginnt auch in diesen Flaschen die Kristallbildung. (Giltay, Z 19, 363; 1906.)

**673.** Betrachte eine Rauchwolke vor einem dunklen Hintergrunde, während sich in der Nähe ein fischförmiger (stromlinienförmiger) Körper vorbeibewegt, und beobachte die rückwärtige Luftströmung. (LR 1, 16.)

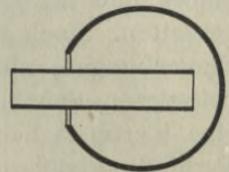


Fig. 563.

**674.** Verschließ die eine Öffnung einer Lampenglocke (Fig. 563) durch ein Blatt Papier und befestige in der Glocke ein Lampenglas. Fülle das Ganze sorgfältig mit Rauch und bewege es von rechts nach links durch die Luft. Die Luft dringt in die Röhre ein und drängt den Rauch durch die ringförmige Öffnung heraus. Der austretende Rauch folgt der Kugeloberfläche bis zum „Äquator“ und streicht dann in der Berührenden ab. Dabei zeigen sich deutlich die Schicht der Unstetigkeit, der Bereich des toten Wassers und das stürmische Wesen der Bewegung (LR 1, 20.)

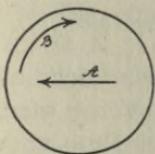


Fig. 564.

**675.** Wirf einen Ball in der Richtung des Pfeils A (Fig. 564) und gib ihm eine Drehung in der Richtung des Pfeils B. Durch eine

solche Drehung kann man den Ball in der Luft zum Schweben bringen. Dreht man den Ball um die lotrechte Achse, so wird seine Bahn (in dem Grundriß) gekrümmt. (LR 1, 35.)

**676.** Alexanders Luftwirbler. (Fig. 565.) Befestige einen Stab K, dessen Querschnitt ein Kreisrandstück ist, mit seiner Mitte so auf der lotrechten Achse L, daß er sich frei darum drehen kann und die ebene Fläche des Stabes mit der Drehachse genau einen rechten Winkel bildet. Halte die Vorrichtung, mit der ebenen Seite nach vorn, einer Luftströmung entgegen, z. B. aus dem Fenster eines fahrenden Eisenbahnwagens. Der Stab dreht sich nicht. Erteile ihm vorher eine beträchtliche Drehbewegung. Nun „beißt“ der Wind, sozusagen, plötzlich „an“, beschleunigt die Bewegung, und bald wirbelt der Drehstab mit großer Geschwindigkeit, als ob er Flügel hätte wie eine Windmühle. (LR 1, 36.)

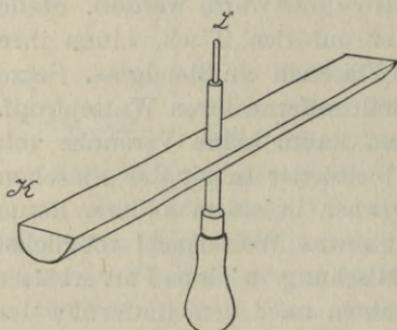


Fig. 565.

## 2. Der Drache.

**677.** Verbinde eine Latte aus Tannenholz (1 bis 1,30 m lang, 2 bis 2,5 cm breit und 0,8 bis 1 cm dick) in  $\frac{1}{7}$  ihrer Länge durch schwaches Einkerbten und kreuzweises Verschnüren so mit einem biegsamen Stabe, etwa mit einer strammen Haselnußgerte oder mit einem Rohrstock, daß die Enden des Stabes auf beiden Seiten gleich weit von der Latte abstehen (Fig. 566). Die Länge des gestreckten Stabes und der Latte sollen sich etwa wie 7:8 verhalten. Mach an diesem Holzgerippe folgende Einkerbungen, aber nur so tief, daß die daran befestigten Schnüre nicht abgleiten können: je eine Kerbe A und B rechts und links von der Verbindungsstelle der beiden Hölzer auf der biegsamen Gerte in einem Abstände, der  $\sim \frac{1}{5}$  der halben Gertenlänge ist; zwei Kerben C und D  $\sim 1$  cm von den Enden der Gerte; eine Kerbe E auf dem längern Teil der Latte, 2 cm von ihrem Ende entfernt. Zieh dann unter Benutzung der Kerben die beiden Enden der Gerte mit haltbaren, doch nicht zu starken Bindfäden so weit herab, daß a etwa  $\frac{2}{3}$  der Länge von b wird. Spanne außerdem eine Schnur straff von der Kerbe A der Rute über die Spitze F der Latte nach der Kerbe B. Mache hierzu auch oben auf der Latte einen Einschnitt in der Richtung der Gerte. — Überzieh das Gestell mit einem luftdichten leichten Stoff. Man kann hierzu einige Bogen Schreibpapier aneinander kleben. Zweckmäßiger ist es,

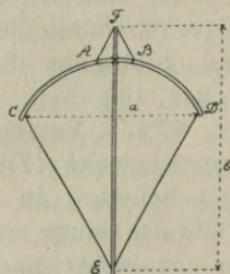


Fig. 566.

für den Überzug leichtes Baumwollzeug zu wählen und, um seine Poren zu verkleben, es mit einem schnell trocknenden Firnis zu überziehen. Breite den Stoff oder die aneinander geklebten Papierblätter auf dem Boden aus, lege das Gestell darauf und zeichne seinen Umriß nach, doch gib dabei nach allen Seiten etwa zwei Finger breit zu. Bestreiche gut mit Kleister den überstehenden Rand, lege ihn nach innen über die Schnüre des Gestells und klebe ihn fest. Die Latte braucht man nicht festzukleben, doch empfiehlt es sich immerhin, sie durch einige darüber geklebte Papierstreifen zu befestigen. Um den Stoff glatt über den Bügel kleben zu können, muß man hier den Rand etwas breiter nehmen und ihn an einigen Stellen, auf den Bügel zu, mit der Schere einschneiden. — Befestige, wenn der Überzug trocken ist, eine lockere Schnur an dem Fußende E und an dem Hals G des Drachen. Bringe mit dieser Schnur den Drachen sehr sorgfältig ins Gleichgewicht. Schiebe einen Stab oder einen Finger unter die Schnur und suche die Stelle P (Fig. 567), bei deren Unterstützung die Längsachse des Drachen wagrecht liegt. Mache rechts und links von dieser Stelle je einen Knoten in die Schnur und nach dem Kopfende zu noch einen oder zwei Knoten in gleichen Abständen. Hänge zwei Troddeln so an die Enden C und D der Rute, daß auch die Schultern des Drachen wagrecht

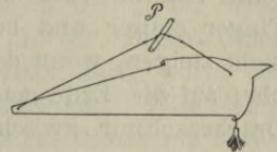


Fig. 567.



Fig. 568.



schweben. Schneide einen oder etliche Streifen aus Schreibpapier, die so breit sind, wie die Troddel lang werden soll, bis auf einen 2 cm breiten Rand kammartig ein und rolle die Streifen zu Troddeln zusammen (Fig. 568). Zieh die Papierstreifen zwischen Daumen und Messerrücken hindurch und kräusle sie so. Befestige beide Troddeln mit Schnüren an dem Drachen, schneide links oder rechts einige Papierstückchen heraus und stelle so das genaue Gleichgewicht her. — Belaste den Drachen mit einem Schwanz. Er soll nicht schwer sein, aber mindestens achtmal so lang wie der Drache selbst. Knüpfe in einen Bindfaden, quer dazu und in 8 cm Abstand, gut fingerlange und 2 bis 3 cm breite, mehrfach zusammengefaltete Papierstücke ein. Fig. 569 zeigt deutlich, wie man die hierzu erforderlichen Schlingen im Bindfaden macht. Der Pfeil gibt an, an welcher Stelle man das Papierstück durch die Schlinge stecken muß. Hänge an das Ende des Schwanzes eine ziemlich schwere Troddel. — Benutze zu dem Auflassen des Drachen einen recht

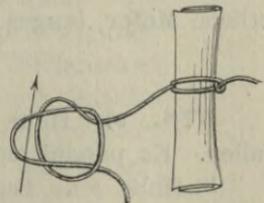


Fig. 569.

festen, doch nicht zu dicken Bindfaden. Zwei bis drei Knäuel von je 100 m genügen. Befestige an einem mitten eingekerbten Stock den Bindfaden und haspele ihn darauf.

Am Niederrhein haben die Knaben einen Drachenseilwickler (Fig. 570) ausgeklügelt, der sich gut bewährt hat. Er besteht aus

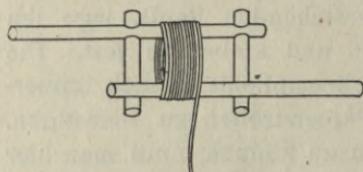


Fig. 570.

zwei 32 cm langen Langstäben und aus zwei 12 cm langen Querstäben. Diese sind durch rechtwinklige Überplattung so miteinander verbunden, daß auf beiden Seiten Handgriffe überstehen. Durch einfaches Drehen kann man das Seil leicht aufwickeln oder

ablassen. (Pallat, Der deutschen Jugend Handwerksbuch, 100.)

Wickle beim Tragen den Schwanz um den Drachen und lege seine Schnur über die linke Schulter. — Halte den befeuchteten Finger empor und bestimme die Windrichtung. Laß den Drachen nicht steigen, wenn der Wind zu schwach ist. — Lege den Drachen platt auf die Erde und befestige das Ende der Halteschnur an der Drachenschnur zwischen zwei der oben beschriebenen Knoten, und zwar um so weiter nach dem Kopf zu, je schwächer der Wind ist. Je höher wir die Schnur anknüpfen, desto steiler steigt der Drachen empor. Lege die Halteschnur 40 bis 50 m weit aus, und zwar gegen den Wind. Stecke das Knäuel dort fest in die Erde oder gib es bei schwachem Wind einem Gehilfen zu halten. Lege den Drachenschwanz in der Richtung des Windes aus. Ergreife den Drachen beim Fußende, halte ihn empor und warte einen kräftigen Windstoß ab. Laß ihn los, ohne ihn zu werfen. Ein gut gebauter Drache erhebt sich rauschend in die Lüfte. Ist der Wind zu schwach oder erst in den oberen Schichten zu finden, dann muß der Gehilfe eine Strecke weit laufen, um den Drachen emporzuführen. Laß später die Schnur mehr und mehr nach. — Schlägt der Drache mit den Schultern hin und her, so sind die Troddeln ungleich schwer. Fährt der Drache unset in der Luft herum oder zeigt er Neigung, mit der Spitze nach unten auf die Erde herabzufahren, dann ist der Schwanz zu leicht, und man muß ihn verlängern. Am besten ist es, bei starkem Wind ein etliche Meter langes Zusatzstück mit aufs Feld zu nehmen. (D 60.)

### 3. Gleitflieger.

**678. a)** Halte ein Blatt Papier wagerecht und laß es dann fallen. Es pendelt um eine wagerechte Stellung.

**b)** Halte eine Pappscheibe schräg und laß sie dann fallen. Sie legt sich auf die breite Seite und fällt langsam unter „Schraubung“. (PST 37. F 1, 67 Nr. 97.)

**c)** Kniffe ein äußeres Drittel einer Postkarte längs den großen Rändern dreifach und klebe es zusammen. Halte zwischen Daumen

und Zeigefinger der emporgehobenen rechten Hand die Karte wagerecht mit dem schwerern Teil voran und schiebe sie in die Luft. Sie fliegt gleitend in gestreckter Bahn. — Man kann auch über die Mitte des verdickten Randes eine Heftklammer schieben. Volkmann am 11. November 1913 in der Sitzung des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

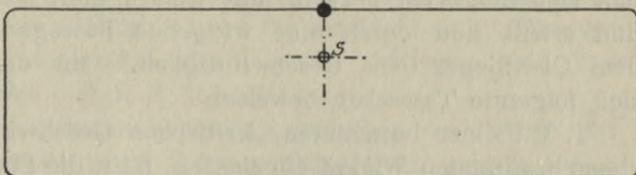


Fig. 571.

**679.** Lanche-  
sters belastete

Gleitplatte (Aeroplan mit Ballast) (Fig. 571). Belaste eine 5 cm breite, 20 cm lange und  $\frac{3}{40}$  bis  $\frac{4}{40}$  mm dicke ebene Glimmerplatte so, daß ihr Schwerpunkt vom vordern Rand um  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Breite absteht, halte die geringere Ausdehnung in die Flugrichtung (pterygoider Aspekt) und den belasteten Rand nach vorn und laß die Platte frei abfliegen. Sie kippt zwar bei Windstößen leicht um, aber in hinreichend ruhiger Luft, im geschlossenen Raum, gleitet sie wie ein Vogel im Segelflug dahin und erweist sich in

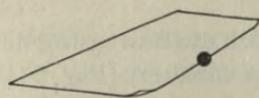


Fig. 572.

der Querrichtung und in der Längsrichtung vollkommen kippstabil. — Die befriedigendsten Ergebnisse

erhält man mit Glimmerplatten (vgl. S. 385 Nr. 687a). Man belastet sie mit einer halb durchgespaltenen Schrotkugel und klemmt diese auf die Platte in der Mitte ihres Vorderrandes, wie es die Abbildung zeigt. Bequemer und haltbarer läßt sich die in Nr. 688 auf S. 386 beschriebene zusammengesetzte Belastung befestigen. Solche Platten zeigen ein so vollkommenes Gleichgewicht, wie es mit keinem andern Stoff erreichbar zu sein scheint. Es ist auch wichtig, daß die Belastung in einer gedrängten Masse in der Mitte angebracht und nicht über die vordere Kante verteilt wird. Um den „Sinn für Richtung“ zu erhöhen, hält man es für vorteilhaft, in die Vorderecken „Eselsohren“ zu machen, die ein wenig nach oben gekehrt sind (Fig. 572). Die rechteckige Gestalt ist sehr vorteilhaft; andere Formen geben im allgemeinen geringere Kippstabilität. (LR 1, 195, 308 und 318.)



Man kann die belastete Gleitplatte ohne weiteres aus der Hand abfliegen lassen, indem man die Glimmerscheibe zwischen Daumen und Zeigefinger faßt und mit einer möglichst wagerechten Bewegung nach vorn schiebt. Die belastete Gleitplatte richtig abzu-

Fig. 573.

schieben, ist nicht ganz leicht, weil für sie zwei Flugbahnen möglich sind. Besser ist es daher, sich eines Abschiebestabes (Fig. 573) zu bedienen. Er besteht aus einer etwa meterlangen geraden Leiste mit einer rechteckigen Scheibe, mit der Gleitplatte, am oberen Ende. Den Stab hält man möglichst lotrecht, das untere Ende etwa in Schulterhöhe, und erteilt nun durch eine wiegende Bewegung des Oberkörpers dem Gleitflieger eine Geschwindigkeit. Mit der Gleitplatte lassen sich folgende Tatsachen beweisen:

1. Mit einer bestimmten „kritischen Geschwindigkeit“ und unter einem bestimmten Winkel abgelassen, fährt die Platte fort, gleichmäßig zu gleiten. Man bezeichnet diese Geschwindigkeit und diesen Winkel als die „natürliche Geschwindigkeit“ und den „natürlichen Gleitwinkel“.

2. Läßt man die Gleitplatte mit einer andern als der natürlichen Geschwindigkeit und unter einem andern Gleitwinkel ab, so beschreibt die Platte um die „natürliche Gleitbahn“ eine wellenförmige Bahn, deren

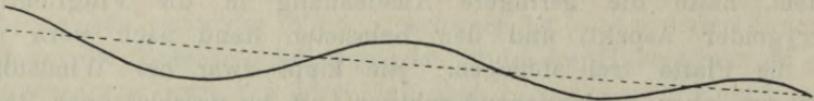


Fig. 574.

Schwingungsweiten allmählich abnehmen, so daß sich die Bewegung der Platte mehr und mehr einem gleichmäßigen Gleiten annähert (Fig. 574).

3. Die natürliche Geschwindigkeit einer beschwerten Gleitplatte hängt von ihrem Gewicht und von der Lage ihres Schwerpunkts ab. Sie wächst mit dem Gewicht und mit der Annäherung des Schwerpunkts an den Vorderrand der Platte.

4. Es gibt eine bestimmte Lage des Schwerpunkts, die für den natürlichen Gleitwinkel einen kleinsten Wert liefert. Für Gleitplatten von den oben angegebenen Verhältnissen ist der kleinste Wert des Gleitwinkels 8 bis 9°.

Die seitliche Kippsicherheit der beschwerten Gleitplatte hängt eng mit der rechteckigen Gestalt der äußern Enden zusammen. Wenigstens ist gewiß, daß sich eine ovale oder elliptische Gestaltung der Fläche als mangelhaft erweist.

Die Stetigkeit der Richtung einer beschwerten Gleitplatte kann man zuweilen durch Hinzufügen einer kleinen Flosse am Vorderrande

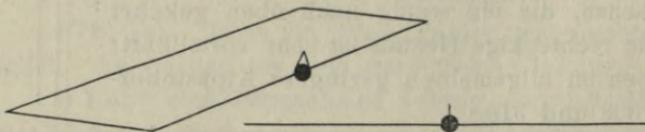


Fig. 575.

erhöhen; sie läßt sich bequem an der Belastung befestigen (Fig. 575).

Zu demselben Zweck kann man

die Vorderecken der Segelfläche ein wenig aufbiegen (Fig. 572), was auch in anderer Hinsicht günstig wirkt. Die einfache beschwerte

Gleitplatte hat keine Oberseite, sondern fliegt, wenn richtig abgelassen, auf beiden Oberflächen gleich gut, es besteht aber eine gewisse Gefahr, daß sich beim Abwerfen die Rückwirkung statt nach oben nach unten richtet, was die Flugbahn wesentlich ändert. Dies gilt im geringern Maß für die Form mit aufgebogenen Ecken, so daß man diese Platte leichter und sicherer abschieben kann. Es empfiehlt sich, Glimmerplatten, die merklich windschief oder sonstwie verbogen sind, von vornherein zu verwerfen. (LR 2, 3ff., 244.)

Es besteht ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Größe der verwendeten Glimmerplatte und ihrer geringsten zulässigen Dicke. Nimmt man sie zu dünn, so werden die Tragebenen gar zu biegsam. Gilt es, einen Flieger für recht kleine Geschwindigkeit zu bauen, so läßt sich durch kunstvolles Schaben (vgl. S. 385 Nr. 687a) das Gewicht bedeutend verringern, ohne die Steifigkeit zu sehr zu beeinträchtigen. Für ungeschabte Platten ist die geringste empfehlenswerte Dicke, angenähert durch den Ausdruck

$$40000 d = l \sqrt{l}$$

gegeben, wo  $l$  mm die Länge und  $d$  mm die Dicke der Platte bezeichnet. (LR 2, 262.)

**680.** Flieger von Pline (Fig. 576). Er besteht aus einem gekniffen Papierbogen, durch den als Belastung eine Nadel gesteckt ist, die man beliebig einstellen kann. Die Form ist nicht sehr leistungsfähig, und ihr Gleitwinkel ist anscheinend übermäßig groß gewesen. Die von Marey (Vol des Oiseaux) mitgeteilte Ansicht läßt die Form nicht mit voller Sicherheit erkennen.

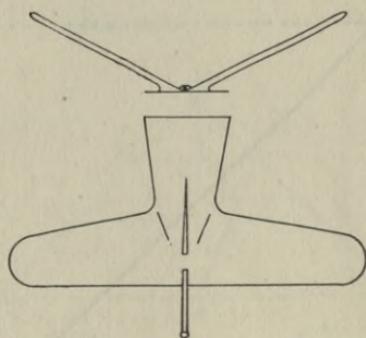


Fig. 576.

Die Abbildung gibt eine Nachbildung Lanchesters wieder. (LR 2, 14 und 81.)

**681.** Flieger von Weiß (Fig. 577). Er besteht aus einem Stück Papier von der abgebildeten Form, dessen Vorderrand, um ihm Steifigkeit zu geben, umgekniffen und mit

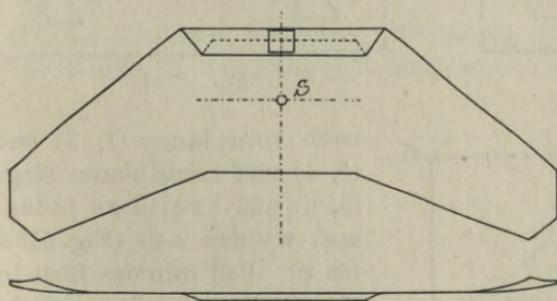


Fig. 577.

einem angeklebten Stückchen Blei belastet ist. Die Flügelenden sind ein wenig aufgebogen, wie im Aufriß zu erkennen ist. Diese Fliegerform zeigt vollkommene Kippsicherheit und die Neigung, in der Flugbahn zu schwingen, wie die beschwerte Gleitplatte (S. 374). (LR 2, 14.)

**682.** Flieger von Hele Shaw (Fig. 578). Er ist eine genaue Nachbildung des Grundrisses einer fliegenden Schwalbe. Er ist einfach aus

Papier ausgeschnitten und mit gespaltene Schrotkugeln beschwert. Die Form ist ganz kippstabil und zeigt sehr ausgesprochen die Flugbahnschwankungen. Der Gleitwinkel ist sehr gut. (L R 2,

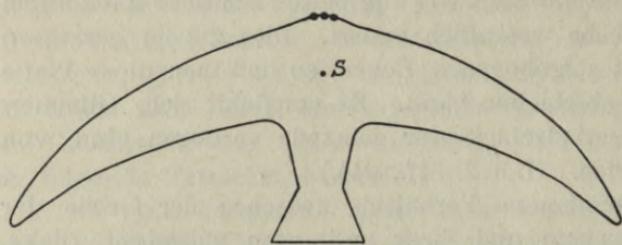


Fig. 578.

**683.** Die Taube. Nimm ein Blatt aus einem Schreibheft (16 cm  $\times$  21 cm), zeichne zwei Eiserne Kreuze darauf, falte das Papier

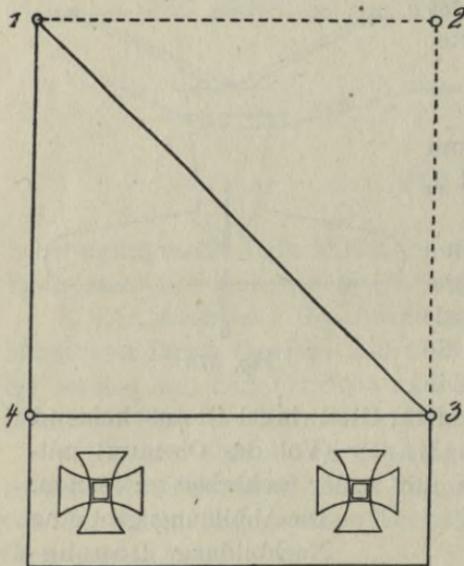


Fig. 579a.

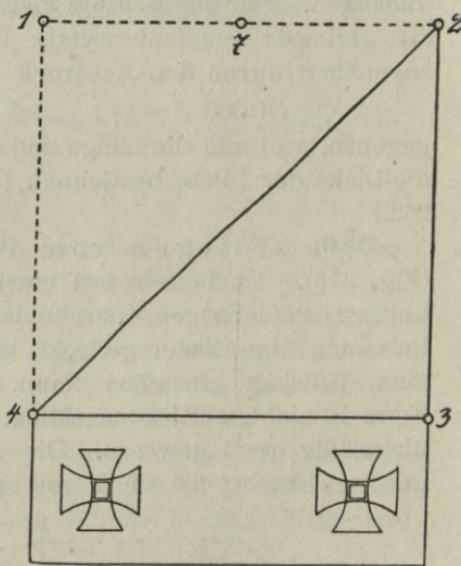


Fig. 579b.

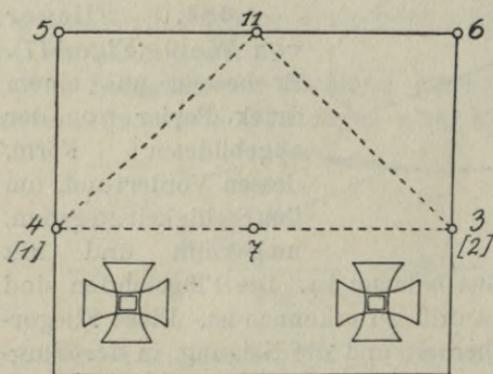


Fig. 579c.

nach vorn längs (1, 3) und (2, 4) und nach hinten längs (5, 6) und breite es jedesmal wieder aus (Fig. 579a bis c). Faß nun das Blatt in (5) und (6) und bringe gleichzeitig diese Punkte mit dem Punkt (7), mit der Mitte der Strecke (4, 3), den Punkt (1) mit dem Punkt (4) und den Punkt (2) mit dem Punkt (3) zur Deckung. Man erhält

das Gebilde (11, 8, 17, 18, 10) in Fig. 580. Falte nun die oben liegenden Ecken (8) und (10) nach (11) hin so um die Achsen (9, 12) und (9, 13), daß das Quadrat 12, 9, 13, 11 entsteht (Fig. 581). Klappe dann die Kante (12, 9) so um, daß sie auf (9, 11) fällt und kniffe kräftig etwa von (9) bis (14) (Fig. 582). Stelle das Quadrat wieder her und lege nun Kante (12, 11) auf (11, 9) und kniffe kräftig von (11) bis (14) (Fig. 583). Lege nun (12, 9) unter Einknickung der Kante (11, 12) der ganzen Länge nach auf

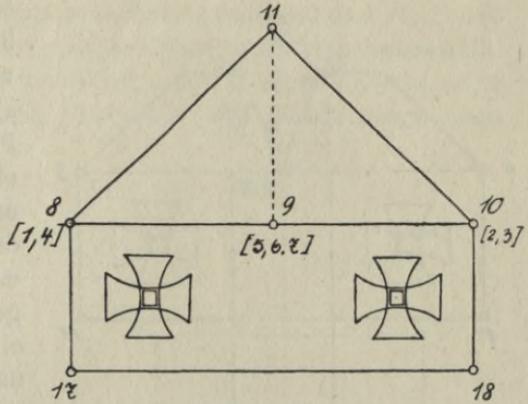


Fig. 580.

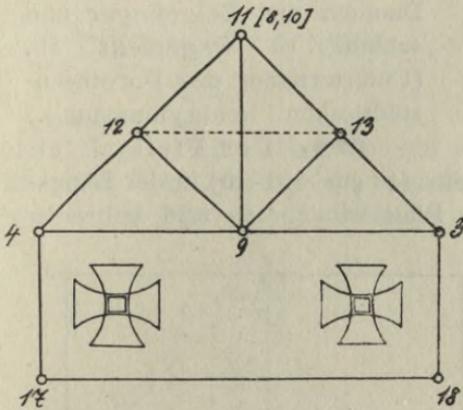


Fig. 581.

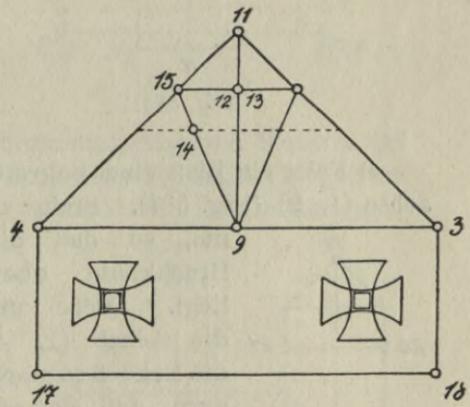


Fig. 582.

(11, 9). Dadurch entstehen die neuen Kniffe (12, 14) und (15, 14). Der Kniff (15, 14) steht senkrecht auf (11, 12) (Fig. 584). Behandle

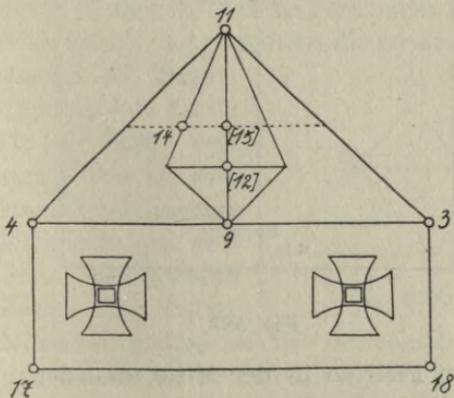


Fig. 583.

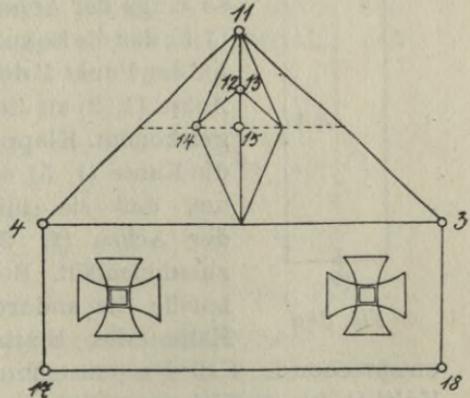


Fig. 584.

die andere Hälfte des Quadrats (12, 9, 13, 11) entsprechend. Die beiden so entstandenen Nasen (12) und (13) sind die Spitze des Flugzeuges.

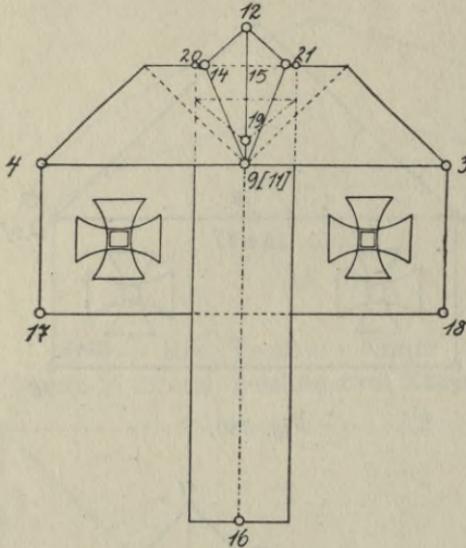


Fig. 585.

Klappe die ganze hintere Ecke (11) nach hinten um (14, 15) (Fig. 585). Schiebe aber vorher einen Streifen Papier (21 cm  $\times$  5 cm), dessen obere Ecken bei 19 (Fig. 586) umgebogen worden sind, über der Fläche (3, 4, 11) so ein, daß er längs (20, 21) mit umgefaltet wird. Kniffe das Ganze ein wenig um die Kante (12, 16) nach oben. Die Kreuzseite liegt bei dem fertigen Flugzeug unten. Faß es bei (9) zwischen Daumen und Zeigefinger und schiebe es wagerecht ab. (Untertertianer des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums.)

#### 684. Der Pfeil.

a) Falte ein Blatt eines Schreibhefts (16 cm  $\times$  21 cm) in der Längsachse (1, 2) (Fig. 587). Breite das Blatt wieder aus und kehre es

um, so daß die Bruchkante oben liegt. Drehe um die Achse (1, 4) die Ecke 3 so nach vorn, daß sie auf den Punkt 3' der Achse (1, 2) fällt. Kniffe das Papier so längs der Achse (1, 5), daß die Ecke 4 auf den Punkt 4' der Achse (1, 2) zu liegen kommt. Klappe die Kante (1, 5) so um, daß sie mit der Achse (1, 2) zusammenfällt. Behandle die andere Hälfte des Blatts

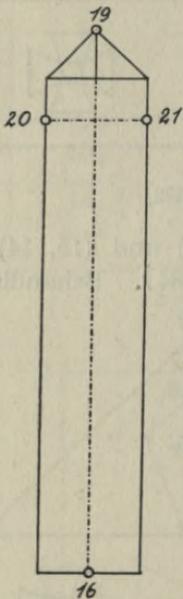


Fig. 586.

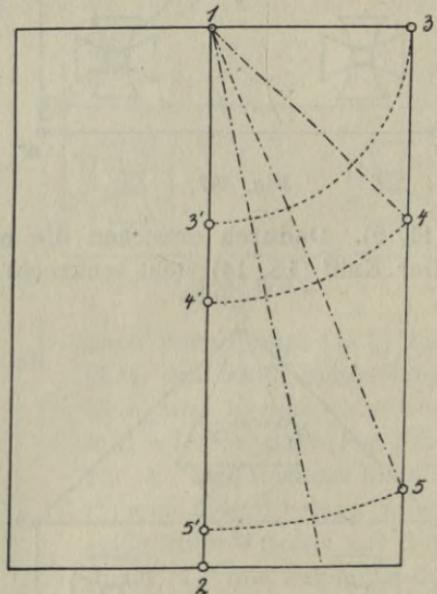


Fig. 587.

entsprechend. Faß den entstehenden Pfeil so in der Mitte, daß der Kniff (1, 2) als Kiel unten liegt und die beiden Tragflächen ein wenig

nach oben gerichtet sind, und wirf den Pfeil in die Luft. (Untertianer des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums.) Wie mir Herr Werner Schenck mitteilt, pflegt man in Süddeutschland den Pfeil noch mit einem Kopf zu versehen. Er wird auf folgende Weise hergestellt.

Kniffe ein Blatt aus einem Schreibheft ( $16 \times 21$  cm, Fig. 588 a) so in der Mitte, daß Kante (1, 2) auf Kante (3, 4) fällt (Fig. 588 b). Biege einen

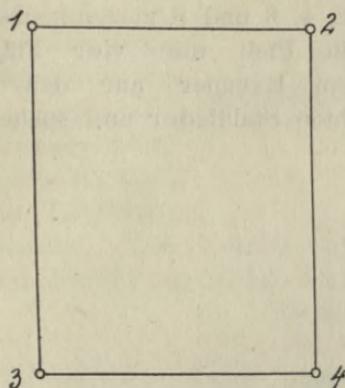


Fig. 588 a.

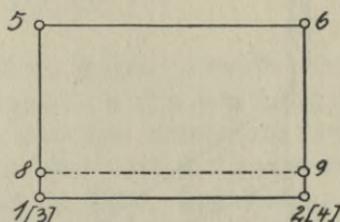


Fig. 588 b.

etwa fingerbreiten Rand an den aufeinandergeklappten Kanten um und falte Ecke (5) längs (7, 8) nach vorn, Ecke (6) längs (7, 9) nach hinten um (Fig. 589 a). Befestige die entstandenen Dreiecksklappen

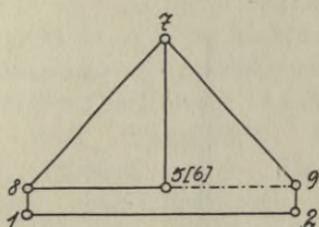


Fig. 589 a.

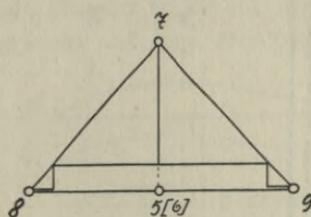


Fig. 589 b.

durch Umlegen des fingerbreiten Randes längs (8, 9) nach oben (Fig. 590 a). Lege sodann die Dreiecksspitze (9) so nach vorn um, daß sie auf die gegenüberliegende Kante (7, 8) fällt, und stecke die so entstandene dreieckige Klappe in den vordern senkrechten Schlitz (Fig. 590 a).

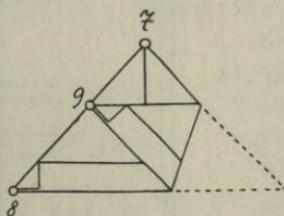


Fig. 590 a.

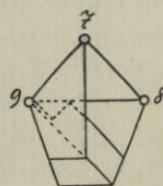


Fig. 590 b.

Nimm das gleiche mit der Dreiecksspitze (8) vor, klappe sie nach hinten und stecke sie in den hintern Schlitz. Es ist ein fünfeckiges Gebilde entstanden, das den Kopf des Flugpfeils bildet (Fig. 590 b). In den

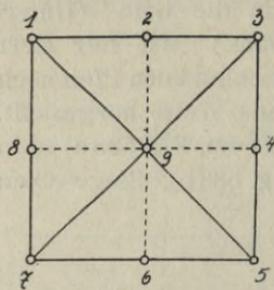


Fig. 591.

Schlitz, der gegenüber der Spitze des Fünfecks liegt, steckt man den Pfeil hinein.

b) Kniffe ein Blatt Papier (9 cm  $\times$  9 cm) längs der Eckenlinien (1, 5) und (3, 7) nach unten und längs der Mittellinien (2, 6) und (4, 8) nach oben (Fig. 591). Biege das Papier so, daß die Punkte 2, 4, 6 und 8 zusammenfallen. Es entsteht ein Pfeil mit vier Flügeln Schlage mit dem Hammer auf den Fuß einer ungebrauchten Stahlfeder und spalte ihn

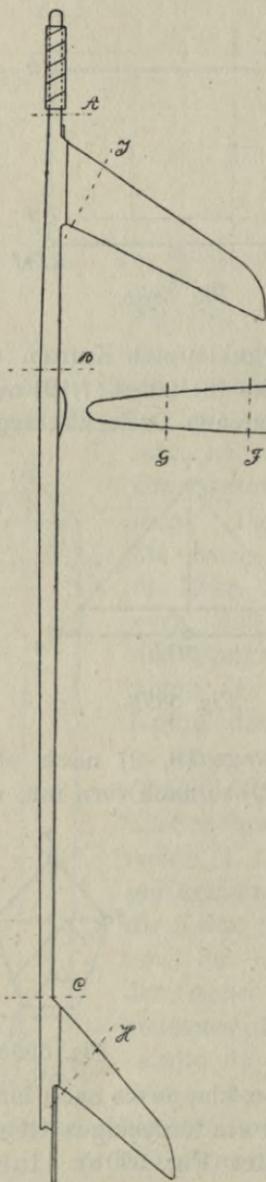


Fig. 593.

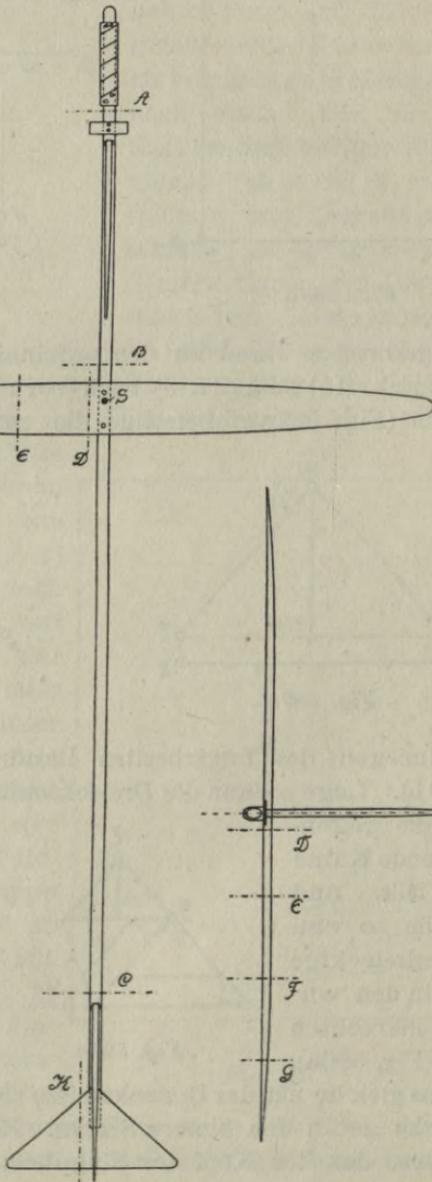


Fig. 594.

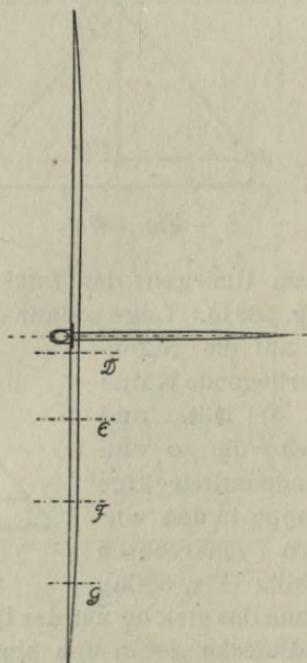


Fig. 592.

so. Schiebe den gespaltenen Fuß so über die Spitze 9 in die Kniffe (2, 9) und (6, 9), daß die Feder vier Flügel erhält. Wirf den Pfeil gegen die Tür. Die Spitze spießt sich in die Tür oder, wenn der Pfeil sie nicht erreicht, in den Fußboden ein. Ein gefährliches Spielzeug! (Untertertianer des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums.)

**685.** Erster Gleitflieger von Lanchester (1894). Er ist in Fig. 592—594

in  $\frac{1}{13}$  natürlicher Größe übersichtlich dargestellt. Die Gesamtansicht Fig. 595 ist nach einem Lichtbilde

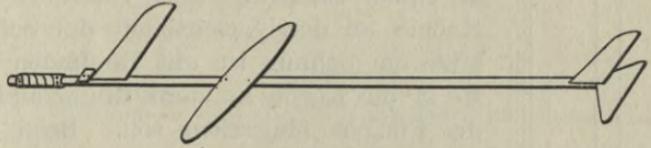


Fig. 595.

gezeichnet. Die Schnitte (Fig. 596—598) zeigen weitere Einzelheiten. Die Tragfläche, deren Querschnitte D, E, F und G in Fig. 597

dargestellt sind, hat einen elliptischen Grundriß (100 cm:7,5 cm) und ist parabolisch abgeschragt (LR 1, 237). Das Schwanzblatt ist dreieckig. Es dient ausschließlich zur Steuerung und soll den Flieger gleichmäßig zur Flugbahn neigen. Es wirkt wie die Fiederung beim Pfeil. Die beiden Flossen haben die in Fig. 593 abgebildete Gestalt,

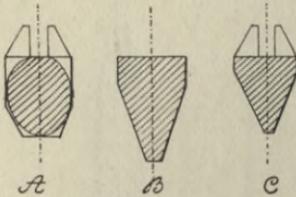


Fig. 596.

H und J sind Querschnitte (Fig. 598). Die Flossen sollen das seitliche Gleichgewicht und das Richtungsgleichgewicht aufrecht erhalten. Die Mittelstange (Fig. 596) hat einen dreieckigen Querschnitt. An der Mittelrippe sind Tragfläche, Schwanzblatt, Flossen und Belastung befestigt. Die Belastung soll den Schwerpunkt des Fliegers an die gewünschte Stelle bringen. Mittelstange, Schwanzblatt und Flossen sind aus Weißtanne und die Tragfläche aus trockenem Pitchpineholz ge-

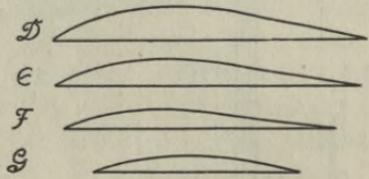


Fig. 597.

Zweck nicht besonders geeignet, da es dazu neigt, sich zu werfen und wind-schief zu werden. Mahagoni bricht zu leicht. Die Belastung besteht aus einem Blechstreifen, der schraubenförmig um die Mittelstange gewunden und mit Nägeln

befestigt ist. Das kleine Querholz dient dazu, beim Ablassen die Nase des Fliegers auf den Schienen der Schleuder zu führen. Die zum

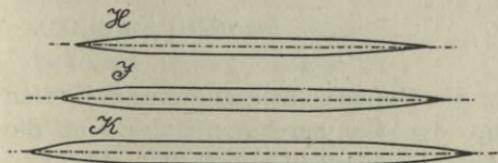


Fig. 598.

befestigt ist. Das kleine Querholz dient dazu, beim Ablassen die Nase des Fliegers auf den Schienen der Schleuder zu führen. Die zum

Ablassen des Fliegers benutzte Schleuder ist in Fig. 599 abgebildet. Die Vorrichtung besteht in zwei Schienen, die  $\sim 2,5$  cm voneinander abstehen und durch einige Querhölzer verbunden sind. In der so gebildeten Rinne wird die Mittelstange des Fliegers beim Abschießen geführt.

Die Triebkraft liefert ein viersträhniger Gummifaden. Die Gummischnur ist mit beiden Enden an einem vorspringenden Holz befestigt und um zwei Knöpfe an den Außenseiten der Schienen gelegt. Die Mitte der Schnur ist mit Bindfaden da umwickelt, wo sie in die Kerbe an dem Hinterrande der Mittelstange des Fliegers eingreifen soll. Beim Spannen wird die Gummischnur ausgedehnt und in die Kerben an dem hintern Ende der Schienen gelegt. Man schießt

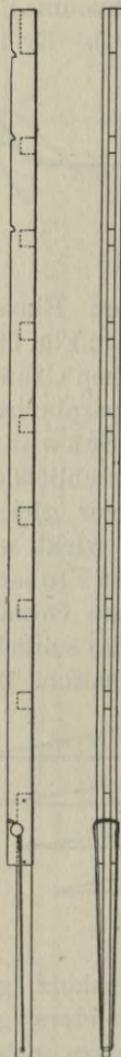


Fig. 599.

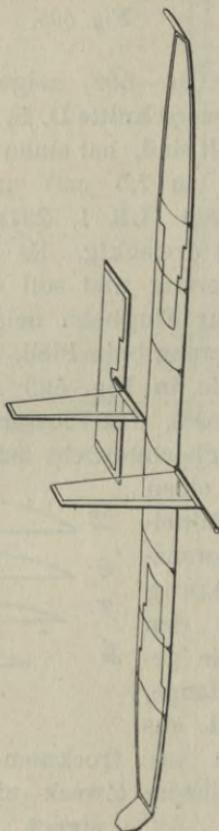
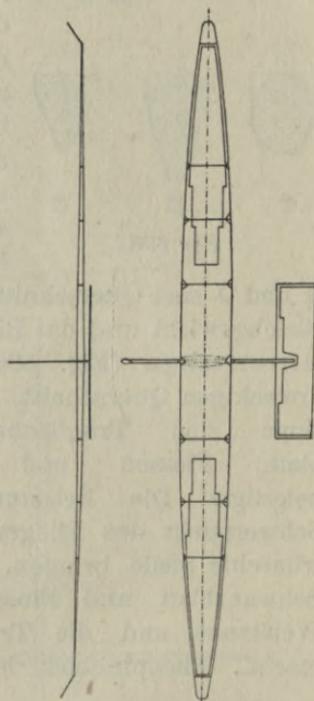


Fig. 600.

Fig. 601 ( $\frac{1}{8}$  nat. Gr.).

ab, indem man mit einem Hebel die Gummischnur aus diesen Kerben herauschnellt. Die freie Länge der Gummischnur ist  $\sim 1$  m, die Masse 450 gr und die größte Ausdehnung 3,42 m. (L R 2, 17 ff.)

**686.** Neue Gleitflieger von Lanchester. Durch Anwendung dünner Glimmerblättchen und durch andere Verbesserungen ist es Lanchester gelungen, kleinere Gleitflieger von geringer Geschwindigkeit zu bauen. Sie übertreffen an Vollkommenheit alle frühern. Fig. 600

ist eine nach einem Lichtbilde gezeichnete Gesamtansicht, und Fig. 601 und 602 sind Schnitte eines solchen Glimmergleitfliegers. Diese Flieger sind nach folgendem Verfahren gebaut: Den Umriß der Segelfläche oder der Tragfläche (des Aero-phyls) schneidet man

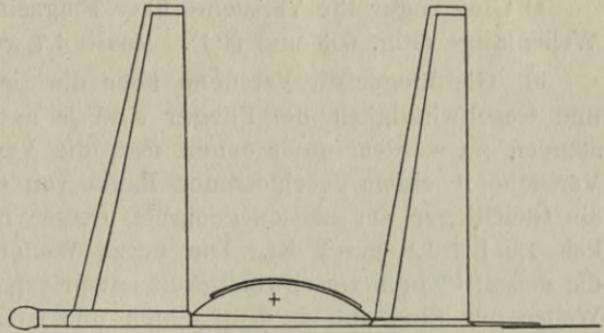


Fig. 602 ( $\frac{1}{3}$  nat. Gr.).

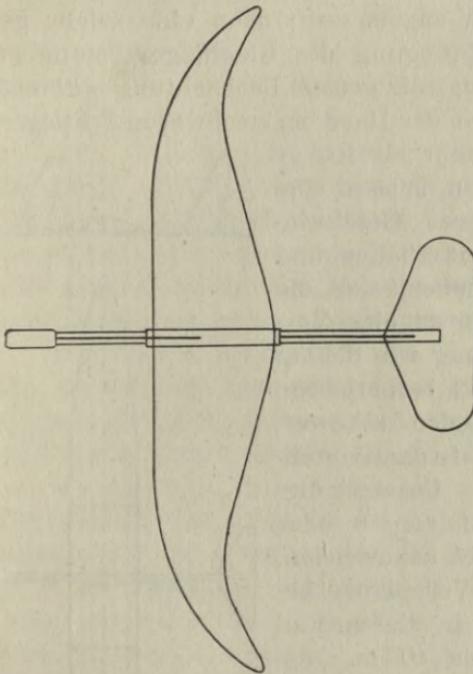


Fig. 603 ( $\frac{1}{3}$  nat. Gr.).

aus einer Glimmerplatte von weniger als 0,1 mm, in einigen Fällen von weniger als 0,025 mm Dicke aus und gibt dem Blatte durch Befestigung an einem dazu vorbereiteten Holzklötzchen die gewünschte Wölbung. Das Schwanzblatt und die Flossen schneidet man gleichfalls aus Glimmer aus, befestigt sie mit Fischleim oder mit anderm Klebstoff an einer hölzernen Mittelrippe und bringt an deren vordern Ende die erforderliche Belastung an. Mit einem so gebauten Gleitflieger kann man alle Eigenschaften der Flugbahn von dem einfachen Fall des stetigen Gleitens an bis zu den schlingenförmigen Kurven in einem großen Zimmer oder Hörsaal vorführen. Nach einiger Übung gelingt es

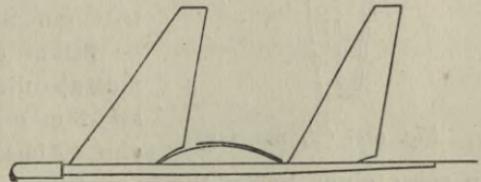


Fig. 604 ( $\frac{1}{3}$  nat. Gr.).

leicht, durch Erteilen verschiedener Anfangsgeschwindigkeiten einen bestimmten derartigen Flieger nach Belieben Flugbahnen aller bekannten Gestalten beschreiben zu lassen. Ebenso hat man es in der Hand, die Flugbahn des Gleitfliegers nach Wunsch sicher oder unsicher zu machen, indem man seine Verhältnisse verändert.

leicht, durch Erteilen verschiedener Anfangsgeschwindigkeiten einen bestimmten derartigen Flieger nach Belieben Flugbahnen aller bekannten Gestalten beschreiben zu lassen. Ebenso hat man es in der Hand, die Flugbahn des Gleitfliegers nach Wunsch sicher oder unsicher zu machen, indem man seine Verhältnisse verändert.

a) Gleitflieger für Versuche über Flugzeit, Geschwindigkeit und Wellenlänge (Fig. 603 und 604). Masse 4,7 gr.

b) Gleitflieger für Versuche über die Sicherheit. Abmessungen und Geschwindigkeit der Flieger sind je nach den besondern Umständen zu wählen, unter denen man die Versuche vornimmt. Für Versuche in einem geschlossenen Raum von 6 bis 9 m erweist sich ein Gleitflieger am meisten geeignet, dessen natürliche Geschwindigkeit 1,5 bis 1,8 m/sek ist. Die kurze Wellenlänge (1,2 bis 1,5 m), die dieser kleinen Geschwindigkeit entspricht, ermöglicht es, 6 bis 8 Wellen der Flugbahn zu beobachten und so zu bestimmen, ob sich die Schwingungsweite ändert oder im ganzen beständig bleibt. Stellt man dagegen die Versuche im Freien an, so ist eine natürliche Geschwindigkeit von 4 bis 5 m/sek angemessen; denn eine solche genügt, bei ruhigem Wetter die Bewegung des Gleitfliegers stetig zu erhalten, und ist nicht groß genug, die genaue Beobachtung während des Fluges und das Abwerfen mit der Hand zu erschweren. Flieger,

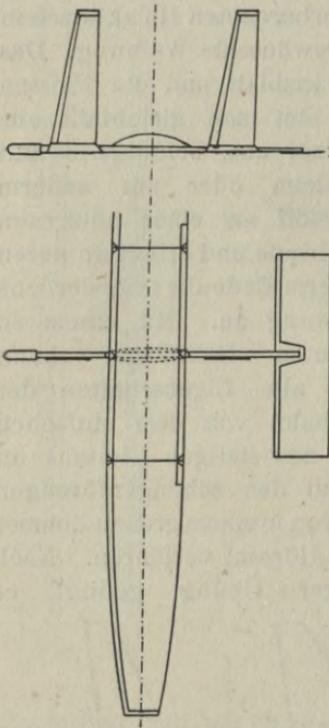


Fig. 605 ( $\frac{1}{4}$  nat. Gr.).

die mehr als 100 gr wiegen, müssen eine größere Geschwindigkeit erhalten, und es empfiehlt sich, die Gleiter mit einer Vorrichtung wie die auf S. 382 beschriebene Schleuder abzuwerfen. Es ist dann vorteilhaft, Geschwindigkeiten von 8 oder 9 m/sek anzuwenden. Die Wellenlänge beträgt in diesem Fall 30 bis 40 m. Als Gesamtlänge des Fluges wählt man 200 bis 300 m. Demgemäß tritt ein Sinken um  $\sim 30$  m ein. Man muß also die Versuche an dem obern Rand eines Abhanges oder

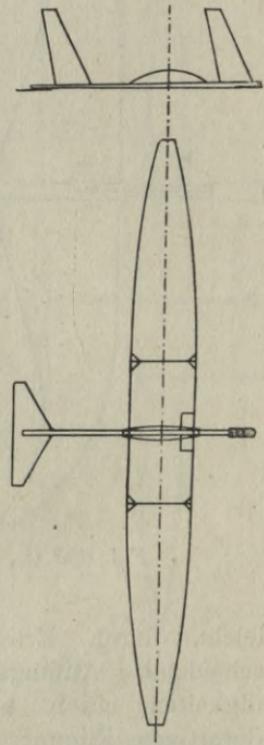


Fig. 606 ( $\frac{1}{2}$  nat. Gr.).

an sonst einer hohen Stelle ausführen. Lanchester führt Versuche an mit einem 12 gr-Flieger (Fig. 600—602), mit einem 5 gr-Flieger (Fig. 605), mit einem  $\frac{1}{4}$  gr-Flieger (Fig. 606) und mit einem 0,06 gr-Flieger. (LR 2, 83 ff.)

**687.** Baustoffe und Bau von Versuchsfliegern.

a) Glimmer. Man kauft von einem Händler muskowitischen Glimmer ( $\rho = 2,8 \text{ gr/cm}^3$ ), am bequemsten in rechtwinklig zugeschnittenen Blättern von weniger als 0,1 mm Dicke. Da der Preis der Glimmerplatten mit der Größe unverhältnismäßig steigt, so empfiehlt es sich, zum Ausschneiden einer gewünschten Form ein Stück zu wählen, das knapp die erforderliche Ausdehnung hat. — Um zu dicke Glimmerblätter noch weiter zu zerspalten, bedient man sich einer feinen, aus einer zugespitzten,  $\frac{1}{4}$  mm starken Uhrfeder hergestellten Klinge. Bis zu  $\sim 0,05$  mm Dicke läßt sich Glimmer sicher und regelmäßig spalten. Blätter von weniger als 0,025 mm Dicke sind nicht mehr sicher herzustellen. Für kleine Flieger braucht man oft halb so dünne Blätter, und es ist ratsam, so feine Blätter, wenn man sie zufällig abgespalten hat, für künftigen Gebrauch sorgfältig aufzubewahren. — Häufig braucht man bei dem Bau von Versuchsfliegern Glimmerplatten, die nicht an allen Stellen gleich dick sind. Gelegentlich splintern sich von selbst Blätter ab, die an beiden Enden ungleich dick sind. Zumeist muß man die gewünschten Abstufungen in der Dicke der Glimmerscheibe durch Abschaben herstellen. Das Abschaben des Glimmers erfordert bei Blättern von weniger als 0,025 mm Dicke sehr große Sorgfalt. Man kann es durch Ätzen mit Flußsäure ersetzen, doch auch dies muß man mit größter Vorsicht ausführen.

Die leichte Spaltbarkeit des Glimmers ist nachteilig, wenn man ihn als Baustoff verwendet. Bei größern Fliegern ist es nötig, die Glimmerblätter irgendwie einzufassen, um ein Absplintern zu verhüten. Man kann Papier oder Seide mit Leim aufkleben. Wo der Einfluß von Feuchtigkeit zu befürchten ist, wie bei Freiluftfliegern, kann man Guttapercha benutzen oder die Ränder mit einer Lösung von Zelluloid bestreichen. Man löst gewöhnliches Zelluloid in einer Mischung von 10 v. H. Amylacetat und 90 v. H. Azeton, bis es so dickflüssig wie Sirup geworden ist. — Die Neigung des Glimmers, abzublättern, bereitet auch Schwierigkeiten bei der Befestigung der Tragfläche (des Aerophylls) an der Mittelrippe. Eine ganz fest aufgeleimte Glimmerplatte kann sich durch Absplintern lösen, so daß nur ein dünnes Blättchen an der Leimstelle haften bleibt. Diese Eigenschaft ist vorteilhaft, solange man einen Flieger ausprobt, weil sie beim Abgleichen das Verkleinern oder Entfernen des Schwanzblatts oder der Flossen erleichtert, beim fertigen Flieger aber wird sie lästig. Man begegnet dieser Schwierigkeit, indem man den Glimmer auf der Seite verstärkt, die der zu beklebenden Seite gegenüberliegt, und an der



Fig. 607.

Befestigungsstelle eine Furche so ausschabt, daß nicht nur die Außen-  
seite der Tragfläche, sondern alle Schichten, woraus sie zusammen-

gesetzt ist, den Klebstoff berühren und mit der Mittelrippe verbunden werden. Fig. 607 stellt dies im Schnitt dar.

b) Holz (für die Mittelrippe). Man verwendet verschiedene Dicken, bis zu 1 mm herunter. Für sehr kleine Flieger benutzt man auch Blattholz (Furnierholz). Die Dichte kann man rund zu  $0,5 \text{ gr/cm}^3$  annehmen.

c) Papier. Man verwendet verschiedene Dicken. Zum Einfassen der Ränder (und manchmal zum Überziehen der Glimmeroberfläche) benutzt man Zigarettenpapier. Das Gewicht des Quadratzentimeters ist  $\sim 0,0014 \text{ gr}^*$ , wenn aufgeklebt  $\sim 0,0018 \text{ gr}^*$ .

**688.** Belastung. Man stellt sie am bequemsten mit dickem Bleiblatz (Tapeziererblei) und Guttapercha her, indem man beides erwärmt und zusammenpreßt. Dickere und schwerere Belastung erhält man durch abwechselndes Aufeinanderlegen einiger solcher Schichten. Es ist zweckmäßig, diese Art der Belastung so einzurichten, daß jeder Quadratzentimeter eine bequeme Gewichtsgröße hat, so daß man nötigenfalls das Gewicht eines Fliegers ohne Benutzung einer Wage um einen bestimmten Betrag vergrößern kann. Die zusammengesetzte Belastung läßt sich leicht anbringen; durch Erwärmen wird sie klebrig und haftet sofort. — Gelegentlich leistet auch gespaltener Schrot (Angelschrot) gute Dienste. (LR 2, 245.)

**689.** Die Tragfläche (das Aerophyll). Sie besteht aus einer Glimmerplatte, die entweder aus einem Stück besteht oder, wenn eine größere Fläche nötig ist, aus zwei oder mehr Blättern zusammengesetzt wird. Für kleine Flieger genügt ein einzelnes in der gewünschten Gestalt ausgeschnittenes Glimmerblatt von geeigneter Dicke. Dies wird an ein Stützholz von der Gestalt des vorgesehenen Querschnitts (Fig. 608) gebunden und mit Fischleim oder anderm Klebstoff festgekittet. Die Figur zeigt eine bequeme Art, das Stützholz herzustellen. Der Rand eines Holzbrettchens

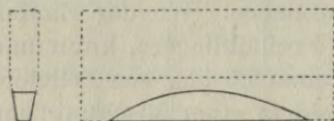


Fig. 608.

wird zuerst, wie ersichtlich, abgeschrägt und dann die Gestalt des Stützholzes mit einer Laubsäge aus dem sich verjüngenden Rande herausgeschnitten, so daß die Stütze unten dünner ist als oben. Wenn man der Tragfläche eine bestimmte Wölbung geben will, kann man die Biegung des Glimmerblatts durch Baumwollfäden oder Seidenfäden herstellen, die man an den Rändern befestigt und quer ausspannt, wie aus

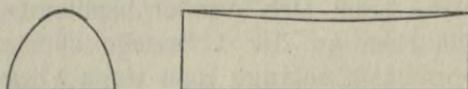


Fig. 609.

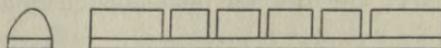


Fig. 610.

den Fig. 601, 605 und 606 ersichtlich ist. — Eine nach Lanchesters Vorschrift hergestellte Tragfläche, eine Verbindung von parabolischer

Wölbung mit elliptischem Grundriß, hat die Eigenschaft, daß der Krümmungshalbmesser an allen Stellen der Längenausdehnung gleich groß ist; die Fläche ist also angenähert ein Stück einer Walzenfläche, genau genommen ein Stück von der Oberfläche eines parabolischen Prismas (Fig. 609). Hierdurch wird das richtige Wölben einer blattartigen Tragfläche zu einer ganz leichten Aufgabe. Man schnitzt sich zuerst aus einem Holzklotz ein parabolisches Prisma (Fig. 609) und sägt es an den Stellen auseinander, wo die Fäden anzubringen sind (Fig. 610). Auf diese Unterlage bringt man die ausgeschnittene und vorbereitete Tragfläche, umwickelt das Ganze mit einem Band und erhält sie so in ihrer Lage. Nun befestigt man die Querfäden und bringt das Stützholz an. Sobald der Leim oder der Kitt getrocknet ist, entfernt man das Band, und die Tragfläche ist fertig. — Bei ganz kleinen Fliegern genügt es, den Rand des Glimmerblatts an den Stellen, wo die Fäden einschneiden könnten, mit kleinen quadratischen, schräg gefalteten Papierstückchen zu schützen (Fig. 611, siehe auch Fig. 606). Bei größern Fliegern verstärkt man den ganzen Vorder-

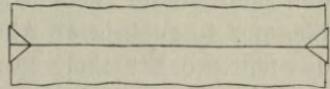


Fig. 611.

rand der Tragfläche mit Papier, Guttapercha oder Zelluloid, um ihn gegen Stöße widerstandsfähig zu machen. — Wünscht man das Gewicht möglichst zu verkleinern, wie bei den Fliegern mit geringen Geschwindigkeiten, so schabt man die Oberfläche des Glimmerblatts ab und stuft seine Dicke nach einem vorher bestimmten Plan ab. Mitunter wird es nötig, die abgeschabte Fläche ganz oder zum Teil mit Zigarettenpapier zu bekleben, um ein Abblättern des Glimmers zu verhindern (Fig. 600 und 601). — Muß man die Tragfläche aus einigen kleinern Blättern zusammensetzen, so überzieht man die Fugstellen mit Zigarettenpapier und vereinigt sie mit Fischleim oder Gelatine. Es ist ratsam, die Oberfläche vor dem Bekleben unregelmäßig abzuschaben, so daß der Klebstoff an einigen Stellen auch tiefer liegende Glimmerschichten berührt.

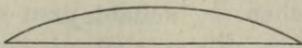


Fig. 612.

Bei der Vorbereitung der Glimmerplatte ist zu beachten, welche Wölbung die quergespannten Fäden erzeugen. Ist die Platte überall gleich dick, so wird der

Querschnitt eine „Biegungslinie (elastische Linie)“ (Fig. 612). Um eine größere Annäherung an den Kreisbogen zu erzielen, stuft man die Dicke des Glimmerblatts ab, d. h. man läßt sie nach den Rändern zu abnehmen. Dem äußersten Rande freilich läßt man die volle Dicke (Fig. 613), um ihn gegen Stöße widerstandsfähiger zu machen. Diese stellenweise Verdünnung des Glimmerblatts erzeugt man durch Abschaben. Fig. 614 stellt die Dickenverhältnisse bei einer fertig

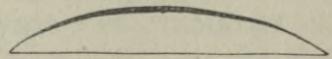


Fig. 613.

geschabten Tragfläche dar. Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die 36 cm  $\times$  5 cm große Tragfläche eines Fliegers, sagen wir, von 3 bis 4 m/sek Geschwindigkeit. — Außer durch gespannte Fäden läßt sich die Wölbung einer Tragfläche dadurch herstellen und erhalten,

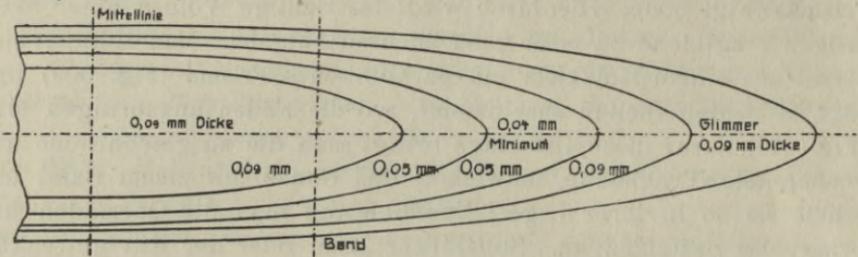


Fig. 614.

daß man unter dem Glimmerblatt Rippen von der gewünschten Biegung in geeigneten Abständen anbringt und in derselben Weise wie das mittlere Stützholz festbindet und anleimt. Diese Vorrichtung hat den Nachteil, daß sie die Drehmasse (das Trägheitsmoment) um die Flugachse unnötig vergrößert und auch die Haltbarkeit des Fliegers beeinträchtigt; denn die starren Flügel zerbrechen bald. Die nur durch Fäden gewölbten Flügel haben eine erstaunliche Biegsamkeit. (LR 2, 247.)

**690.** Das Flossengerüst und das Schwanzblatt. Als Flossengerüst bezeichnet Lanchester die beiden Rückenflossen, die Mittelrippe und die Belastung, also den ganzen Gleitflieger mit Ausnahme der Tragfläche und des Schwanzblatts. — Die Flossen sind Glimmerblätter; man schneidet sie in der gewünschten Gestalt aus und leimt sie an die Mittelrippe. Bei kleinen Fliegern bedarf es keiner weitem Ausstattung, bei großen aber, namentlich wenn es auf Haltbarkeit ankommt, muß man die Vorderränder mit Papier od. dgl. einfassen und den zu befestigenden Rand durch eine Verstärkung

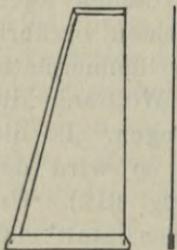


Fig. 615.

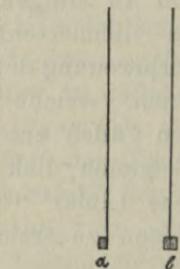


Fig. 616.

mit dickem Papier schützen (Fig. 615). Gilt es, eine möglichst kleine Geschwindigkeit zu erreichen, so schabt man die Flossen so dünn, wie es sich mit ihrer Haltbarkeit verträgt. Dem Vorderrande beläßt man die volle Dicke, aber nach hinten und nach oben zu verdünnt man den Glimmer. — Auch das Schwanzblatt ist ein in der vorgeschriebenen Gestalt ausgeschnittenes Glimmerblatt, dessen Ränder (außer bei

ganz kleinen Fliegern) mit Papier u. dgl. eingefast sind. Man verbindet das Blatt durch Leim oder Kitt mit der Mittelrippe, wobei man die Befestigungsstelle wie in Nr. 687a behandelt. — Die Mittelrippe besteht aus einem einzigen dünn gehobelten Holzstreifen (Fig. 616a) oder ist aus

zwei solchen Streifen zusammengesetzt, wozwischen man die Flossen einschiebt (Fig. 616b). In diesem Fall ist es überflüssig, den Glimmerstrand an der Befestigungsstelle zu verstärken. — Die Belastung bringt man an dem Vorderrande der Mittelrippe an und gleicht ihn nach vorläufiger Anheftung des Schwanzblatts so ab, daß der Schwerpunkt des Gleitfliegers ein klein wenig vor dem räumlichen Mittelpunkt der Tragfläche liegt. (LR 2, 251.)

**691.** Steuerungsverfahren. Häufig zeigt ein Flugzeug beim ersten Fluge die Neigung, nach rechts oder nach links zu steuern. Seine Flugbahn ist statt einer Geraden ein Kreisbogen. Bevor es gelingt, Flüge von genügend gleichbleibender Richtung zu erhalten, um die natürliche Geschwindigkeit und den Gleitwinkel des Fliegers festzustellen, muß man fast immer abgleichen. — Bei einem Flieger, der nach der einen oder der andern Richtung abzutreiben neigt, liegen entweder die beiden Flossen nicht in einer Ebene oder die Tragfläche ist windschief. Im ersten Fall bringe man zunächst die Flossen in die gleiche Ebene oder in gleichlaufende Ebenen. Ändert sich auch jetzt noch die Flugrichtung, so ist die Tragfläche nicht ebenmäßig. Diesen Fehler verbessert man, indem man die Tragfläche in der einen oder der andern Richtung verwindet. — Bei kleinen Fliegern genügt es, durch Anhauchen den Leim zu erweichen, womit die Tragfläche am Stützholz befestigt ist, und dann die Fläche vorsichtig zu winden, in-

dem man beide Flügel mit Daumen und Zeigefinger je einer Hand anfaßt. Hat der Flieger größere Abmessungen, so empfiehlt es sich, einen

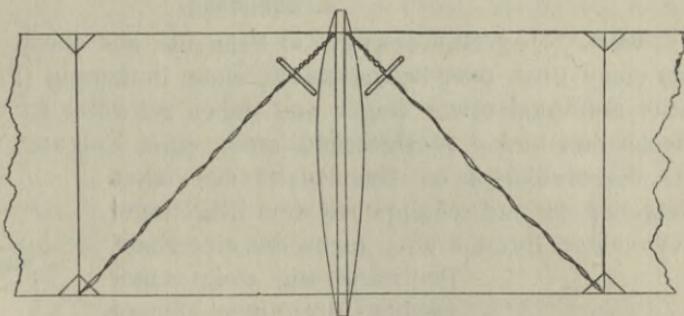


Fig. 617.

Drehspanner anzubringen, wie er in Fig. 617 abgebildet ist. Damit läßt sich durch Anziehen jede gewünschte Drillung ausüben. Die Drehung, die eine gewundene Tragfläche einem Gleitflieger mitteilt, ist gleich der Drehung, in die beim Fallen die frei um eine lotrechte Achse angeordnete Tragfläche durch ihre schraubenschnurartige Gestalt versetzt würde. Eine im Sinn des Schraubenziehers gewundene Tragfläche steuert einen Gleitflieger nach rechts. (Die Länge ist quer zur Fluglinie genommen. Dieselbe Windung, um die Flugachse gerechnet, läuft im umgekehrten Sinn.) — Eine gekrümmte Flugbahn erhält man, indem man die vordere Flosse des Fliegers ein wenig in der gewünschten Richtung abbiegt oder die Tragfläche entsprechend ver-

windet. Man kann auch beide Verfahren gleichzeitig anwenden. (L R 2, 261.)

Über die Bestimmung der Drehmasse der Gleitflieger, über die zulässigen Abmessungen der Flieger, über das Entwerfen eines Gleitfliegers, über den Winkel der Schwanzfläche, über die Lage des Schwerpunkts, Unregelmäßigkeiten der Flugbahn, messende Versuche vgl. L R 2, 79 ff., 252 ff.

**692.** Versuchsverfahren. Ein Bandmaß, eine Stoppuhr und ein Abschiebestab (S. 373 Fig. 573) bilden zusammen mit dem Flugzeug selbst die ganze Ausrüstung. Versuche mit kleiner Geschwindigkeit (unter 3 m/sek) sind in einem geschlossenen Raum (15 m breit und 18 bis 20 m lang) auszuführen.

Für belastete Gleitplatten und für Flieger mit steiler Flugbahn ist der Abschiebestab zu empfehlen. Die andern Gleitflieger kann man mit der Hand abschieben. Doch gehört dazu eine gewisse, durch Übung leicht zu erwerbende Geschicklichkeit. Man vermeide, dem Flieger einen Drehantrieb von vornherein zu erteilen, und messe auch Geschwindigkeit und Gleitwinkel richtig ab. Jede Ungenauigkeit beim Abschieben ändert die Flugbahn, je größer die Ungenauigkeit ist, desto größer wird die Schwankweite der Flugbahn (Phygoide). (L R 2, 243.)

#### 4. Bumerang.

**693.** Der Bumerang. a) Schneide aus einem steifen Karton, aus einer Post- oder Besuchskarte, einen Bumerang (Fig. 618), dessen einer Schenkel etwas länger und daher schwerer ist als der andere. Stecke das kleine Wurfgeschöß unter einer Neigung von  $45^\circ$  gegen die Wagerechte in die Nagelspalte des linken Zeigefingers und schnippe mit dem Zeigefinger der rechten Hand kräftig gegen das eine Ende.



Fig. 618.

Der Bumerang steigt unter raschen Drehungen empor und kehrt zum Ausgangspunkt oder zu einer tiefern Stelle zurück. (L N 15, 287; 1887.)

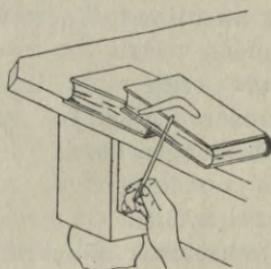


Fig. 619

b) Lege, wie es Fig. 619

angibt, auf den Rand eines schräg nach oben gerichteten Buchs den Bumerang und schlage gegen seinen vorstehenden Schenkel mit einem Lineal (oder einem Bleistift), das mit der einen Hand festgehalten, mit der andern Hand zurückgebogen und dann losgelassen wird. (Hs 113.)

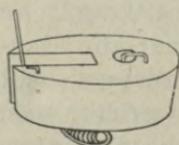


Fig. 620.

c) Mache in die Seite eines Mostrichkorks einen tiefen Einschnitt (Fig. 620). Wickle zwei- oder dreimal um einen Bleistift den gebogenen Teil einer

Haarnadel, damit er federt. Stecke in die Unterseite des Korks den einen Schenkel der Nadel, biege ihn auf der Oberseite  $\Omega$ -förmig um und stecke ihn dort ein. Der freie Schenkel sei im Korkeinschnitt beweglich. Stecke an dem Rande des Ausschnitts ein rechtwinklig umgebogenes kurzes Stück Eisendraht in den Kork. Schiebe den Bumerang so unter diesen kleinen Vorreiber, der ihn festhält, daß der anzustoßende Schenkel quer über dem Ausschnitt des Korks liegt. Halte den Kork in der Hand, neige ihn etwas gegen deine Brust, biege mit dem Daumen der rechten Hand den freien Schenkel der Nadel etwas zurück und laß ihn plötzlich los. Die Feder entspannt sich und schleudert den Bumerang fort. (T T 3, 219.)

d) Lanchester hat aus Zelluloid dreischenkligige Bumerange hergestellt, deren Größe und Dicke in den Abbildungen 621 und 622 angegeben ist. Sie eignen sich zu Versuchen in den vier Wänden, im Garten oder in einem andern beschränkten Raum. Schleudert man den Bumerang in wagerechter Richtung mit einer dem Uhrzeigersinn entgegengesetzten Drehung um eine lotrechte Achse in die Luft, so kommt die fortschreitende Bewegung am höchsten Punkt zum Stillstand. Hält man den Bumerang beim Werfen in einer geneigten Ebene, so wird die Geschwindigkeit an keiner Stelle über Gebühr herabgesetzt. Der Neigungswinkel der Drehungsebene nimmt

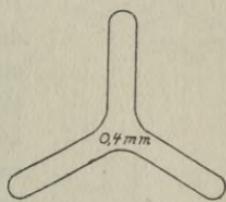


Fig. 621. ( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

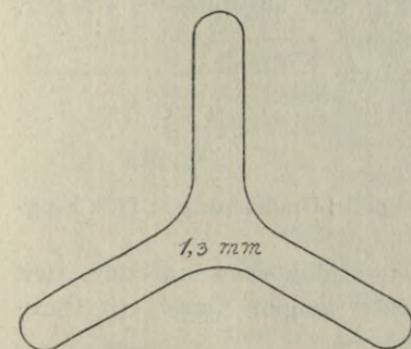


Fig. 622. ( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

während des Fluges stetig ab, d. h. die Drehachse nähert sich immer mehr der Lotrechten. Ein von vorn und von links wehender Wind begünstigt den Flug des Bumerangs, doch muß man ihm eine ausreichende Drehgeschwindigkeit erteilen. (L R 2, 305.)

## 5. Flugschrauben.

### 694. Fallschraube. Drehe

zwei 15 cm lange und 1 bis 2 cm breite Streifen aus dünnem

Papier auf eine Länge von 10 cm zusammen und biege die freien Enden, das eine nach rechts und das andere nach links ein wenig so auseinander, daß die Vorrichtung die Gestalt eines Y annimmt. Laß die Fallschraube in ruhiger Luft aus dem Fenster hinabfallen. Stelle dich auf einen Stuhl, wenn du den Versuch im Zimmer ausführst. Die Schraube dreht sich geschwind um ihre Längsachse und fällt langsam zur Erde. Fig. 623. (T T 3, 189. F 1, 67 Nr. 98.)

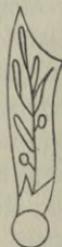


Fig. 623.

695. Japanischer Flieger. Zeichne auf ein Blatt starkes Papier die Klinge eines Türkensäbels oder Yatagans, ähnlich wie in Fig. 623,

aber zweimal so groß, und unten daran einen Kreis. Lege die ausgeschnittene Vorlage auf Seidenpapier und zieh mit einem Bleistifte den Umriß nach. Schneide die mit Buntstiften bemalte Zeichnung aus, klebe Oblaten oder flache Brotkrumen auf den Kreis und wirf den so belasteten Flieger so hoch wie möglich in die Luft. Er fällt, sich um sich selbst drehend, langsam herab. (TT 2, 209. F 1, 67 Nr. 99.)

**696.** Flugschraube. a) Schräge nach Fig. 624 eine Tannenholzlatte von  $\sim 18$  cm Länge, 1,5 cm Breite und 4 mm Dicke ähnlich wie die Flügel einer Windmühle ab. Setze als Stiel einen 15 bis 20 cm langen und 3 mm dicken, gut abgerundeten Holzstab lose ein. Lege diesen Stab lotrecht, mit dem Flügelrad nach oben gekehrt, so zwischen die einander zugewandten Handflächen, daß ihn der Ballen der einen Hand und die Fingerspitzen der andern festhalten, und schiebe beide Hände möglichst rasch aneinander entlang. Der Flieger gerät in sehr schnelle Drehung und schraubt sich bei geschickter Ausführung des Versuchs bis zur Zimmerdecke empor. (R 1, 123.)

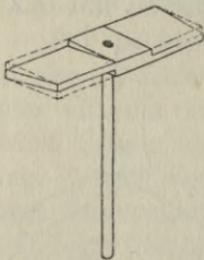


Fig. 624.

b) Verfertige aus einem  $\sim 2$  cm breiten und 10 cm langen Stück Weißblech oder Messingblech den in Fig. 625 abgebildeten Flieger, dessen Enden nach entgegengesetzten Seiten schräg umgebogen sind. Klemme den durchgehenden Stift des Metallplättchens M in den Drillbohrer (F 1, 159 Nr. 371), stecke auf die nach oben gerichteten Stifte den Flieger und versetze ihn mit dem Bohrer in schnelle Umdrehung. Die Flugschraube steigt empor. (WE 38.)

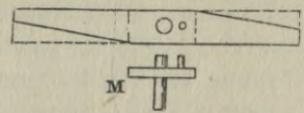


Fig. 625.

c) Befestige auf einem Handgriff aus Holz, etwa auf dem Heft einer Feile (Fig. 626), mit einem starken langen Nagel ein Garnröllchen derart, daß es sich um den Nagel als Achse drehen läßt. Feile zuvor den Nagelkopf flach. Er muß so groß sein, daß er das Röllchen am Abgleiten hindert. Kitte mit Siegellack zwei  $\sim 1$  cm lange ziemlich dünne Drahtstifte in vorher gebohrte oder ausgebrannte Löcher des Rollenkopfs. Schneide mit der Schere die 5 bis 10 cm lange Luftschraube aus dünnem Eisenblech und versieh ihren mittlern Teil mit zwei Löchern, die auf die Drahtstifte der Drehvorrichtung passen. Nimm die Flügel zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten und der

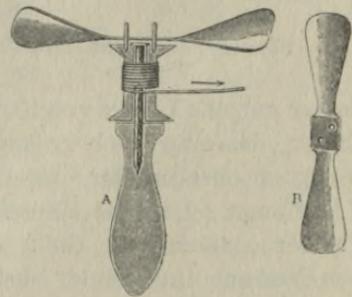


Fig. 626.

linken Hand und drehe beide Hände gegeneinander, doch höchstens so weit, daß die beiden Flügelflächen einen rechten Winkel miteinander

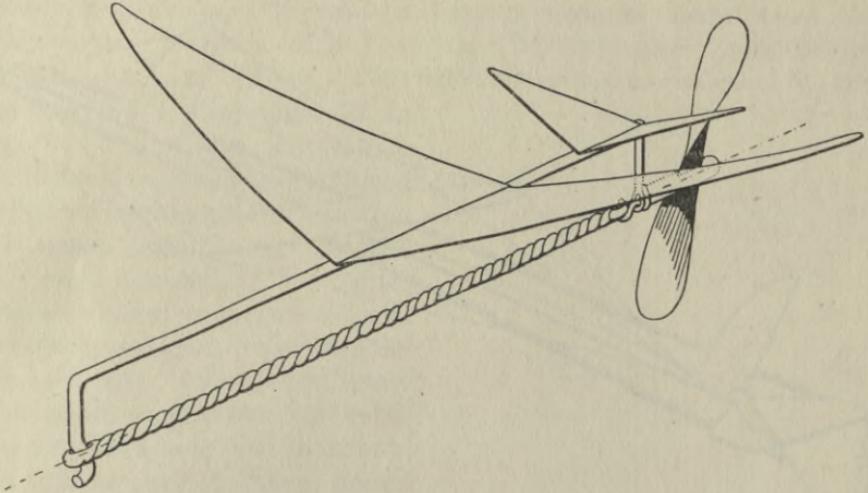


Fig. 627.

bilden. Lege die Flugschraube auf die Stifte, halte in der linken Hand die Drehvorrichtung lotrecht und setze sie durch einen aufgewickelten und dann rasch abgezogenen Bindfaden in schnelle Umdrehung. Der Flieger erhebt sich von seiner Unterlage und schraubt sich hoch in die Luft empor. (D 69.) Einen ähnlichen Flieger hat Weinhold (W V 204) angegeben. Bei dieser und bei der soeben beschriebenen Flugschraube sind die Massen zweckmäßiger verteilt als bei den beiden ersten.

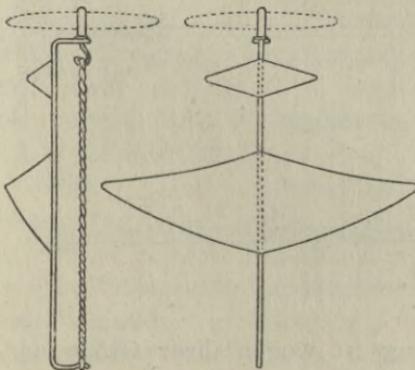
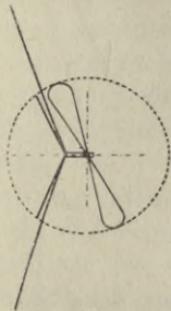


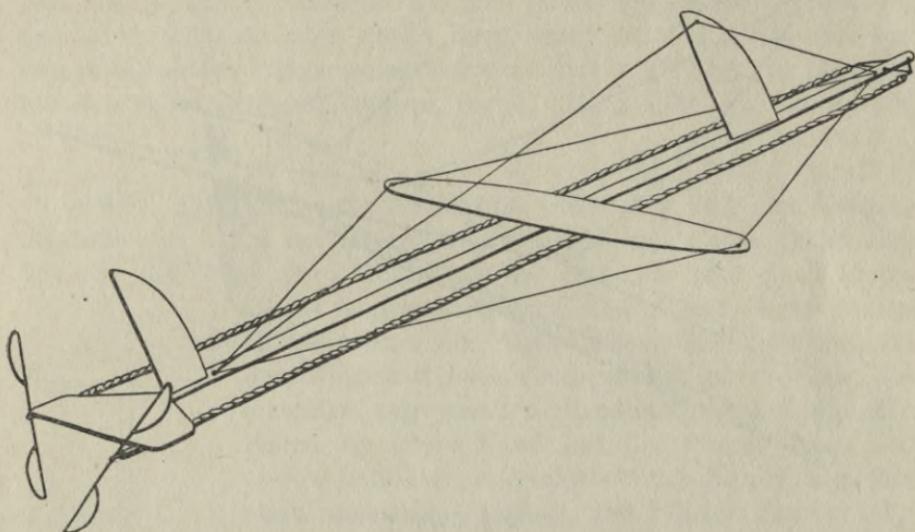
Fig. 628.

## 6. Schraubenflieger.

**697.** Flieger von Penaud. Einer seiner Flieger (Fig. 627 und 628) hat einen 35 bis 45 m breiten Teich überflogen und vollständige Kippsicherheit bewiesen. Penaud gebührt der Ruhm, den ersten kipp-sichern Versuchsflieger gebaut zu haben, der als Keim der Flugzeuge anzusehen ist. Der abgebildete kleine Flieger hatte Papierflügel, einen Beweger aus Gummiband und eine Flügelschraube. Es ist zu bedauern, daß Penauds Beschreibung nicht genügt, seinen Flieger nachzubauen und seine Versuche zu wiederholen. (Penaud, l'Aeronaute 5, 2; 1872. LR 2, 11.)

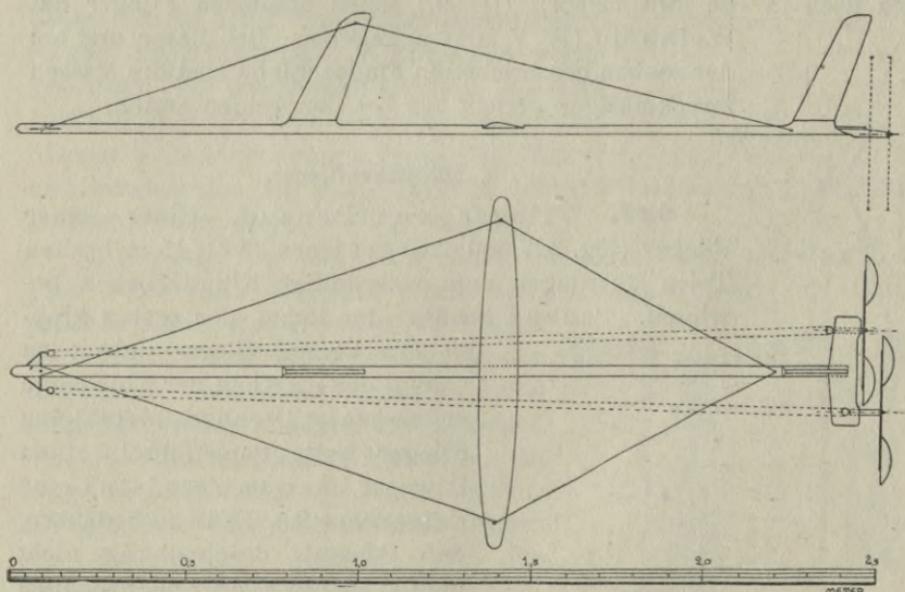
**698.** Lanchesters Schraubenflieger (Aerodrom) von

1894. Eine Gesamtansicht bietet Fig. 629, und Fig. 630 gibt eine maßstäbliche Zeichnung. Der allgemeine Bau ist aus der Zeichnung er-



*Fig. 629.*

sichtlich und ist in den Grundzügen den ersten Gleitfliegern Lanchesters nachgebildet, die S. 381 Nr. 685 vollständig beschrieben



*Fig. 630.*

und abgebildet sind. Die Vorrichtung ist wegen ihrer Größe und ihres Gewichts in der dargestellten Weise durch Klaviersaiten ver-

steift, um in der Längsrichtung lotrecht und wagerecht die nötige Festigkeit zu erzielen. Der Antrieb besteht in Doppelschrauben, die durch gedrehtes Gummiband bewegt werden. Einzelheiten des Triebwerks: Luftschraube, 44 cm Durchmesser. Zwei Blätter von je  $\sim 39 \text{ cm}^2$  Fläche. Die Schraubenhöhe ist nahezu 51 cm. Der Bau der Luftschraube ist in Fig. 631 besonders dargestellt. Die Blätter bestehen aus 0,75 mm starkem Aluminiumblech und sind auf Armen aus 2,5 mm starkem Stahldraht angebracht. Die Blätter sind so eingerichtet, daß sie sich selbsttätig umlegen, wenn der Flieger nach Erschöpfung der Triebkraft noch weiterläuft. Das heißt, wenn die Strähnen des Gummibandes sich aufgedrillt haben, stellen sich die Blätter annähernd in die Flugrichtung, so daß sie den Flieger nicht bremsen. Dies Umlegen der Blätter ist dadurch erreicht, daß sie auf dem Drahte drehbar angeordnet sind (der Blattrand ist zu einem Gelenk umgebogen) und daß ein Anschlag, aus einem kurzen Messingstreifen bestehend, so angelötet ist, daß er die Winkelbewegung beschränkt und gleichzeitig das Blatt in der Längsrichtung hält. — Das Gesamtgewicht des Gummis in den beiden Strähnen ist 0,32 kg und jede Strähne ist aus 6 Schnüren zusammengesetzt. Der Winkel zwischen Tragfläche und Schwanzfläche war anfangs  $3^\circ$ , wurde aber später auf  $6^\circ$  vergrößert. (LR 2, 21 und 275.)

**699.** Der künstliche Schmetterling. (Fig. 632.)

Leime zwei gerade Holzstäbchen a und b (Wurstspeiler der dünnsten Sorte) einander gleichlaufend in die 3 bis 4 mm starken Korkscheibchen A und B ein. Stelle die Flügelrippen c und d aus Holzstäbchen her. Lege diese zwölf Stunden lang in Wasser,

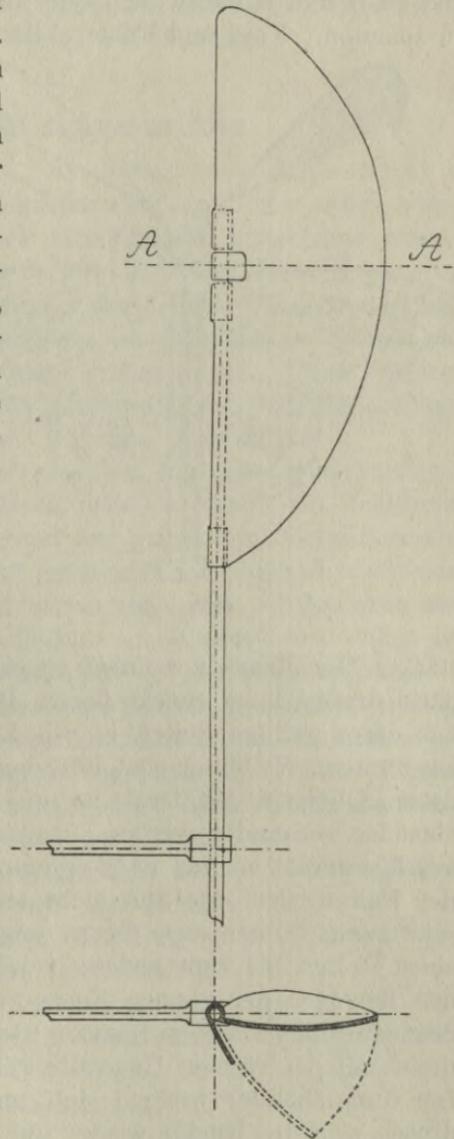


Fig. 631.

koche sie dann einige Minuten und biege sie nun in die gewünschte Gestalt. Halte sie darin etwa durch Belasten mit Gewichten fest, lege sie dabei auf ein Blech und laß sie auf der warmen Herdplatte rasch austrocknen. Füge die so vorgerichteten Holzstäbchen rechts und links in den Brustkorb A des Schmetterlings ein. Leime an a und c und an b und d die Seidenpapierflügel fest, ohne die Flächen straff zu spannen. Kopf und Fühler bilden eine Luftschraube und sind die

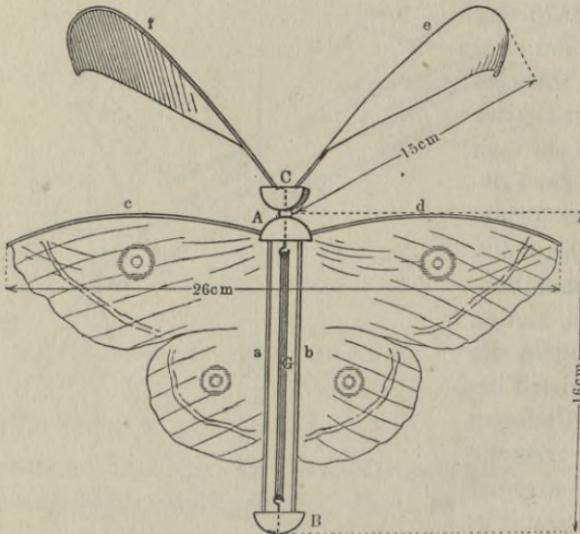


Fig. 632.

Flugvorrichtung des Schmetterlings. Leime in das Korkstück C die beiden gebogenen Stäbchen e und f schräg ein, die, wie es die Abbildung angibt, mit Seidenpapier straff bespannt sind. Verdrehe die Flügel wie die Flügel der Flugschraube (Nr. 696 c) etwa um einen rechten Winkel gegeneinander. Durchbohre den Kork A so in der Richtung der Körperachse, daß sich ein 0,5 mm

starker Eisendraht, der unten zu einem Haken umgebogen ist, leicht darin drehen läßt. Stecke diesen Draht durch eine kleine Glasperle, auf deren beiden Seiten je ein kleines durchlöchertes Scheibchen aus dünnem Weißblech sitzt, und dann durch den Kork C und biege auf dessen Oberseite den Draht so um, daß er und der Kork C fest miteinander verbunden werden. Befestige in dem Kork B einen Haken aus Eisendraht so, daß er nicht darin drehbar ist. Spanne zwischen den Haken vier oder fünf nicht zu breite geschlossene Bänder aus schwarzem Gummi aus, die in ungedehntem Zustand fast von dem einen Haken bis zum andern reichen. Diese Gummibänder bilden den Beweger der kleinen Flugvorrichtung. Halte den Körper des Schmetterlings zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand und drehe mit der rechten Hand die Fühler in dem richtigen Sinn herum. Die Gummibänder wickeln sich umeinander. Nach dem Loslassen drehen sich die Bänder wieder auf und bewegen die Fühlerflügel im entgegengesetzten Sinn. Der künstliche Schmetterling schraubt sich mit seinen Fühlern in der Luft empor. Die breiten Flügel verhindern, daß sich auch der Körper dreht. Eine Hauptbedingung für das Gelingen des Baues ist die größtmögliche Leichtigkeit der ganzen Vorrichtung in allen ihren Teilen. Schabe die Holzstäbchen, falls sie

nicht dünn genug und daher zu schwer sind, mit einem Stück Glas und Sandpapier vorsichtig dünner. (D 72.)

**700.** Über den Bau kleiner Flugzeuge vergleiche Collins-Günther, Flugmaschinenbuch, Stuttgart, Franckh. Bezugsquellen für das Zubehör sind: Philipp Spandow, Berlin S, Kommandantenstr. 46; R. Behle, Frankfurt a. M., Kaiserstr. 27; F. Ehrenfeld, Frankfurt a. M., Zeil 100; Astro-Modell-Werk, Pasing bei München.

### § 37. Die Wucht strömender Gase.

**701.** Tanzende Kugeln. a) Stecke eine kleine Nadel so durch die Mitte einer kleinen Holundermarkkugel oder einer aufgeweichten Erbse, daß das Kügelchen mitten auf der Nadel sitzt, schiebe das eine Ende der Nadel in die obere Mündung eines 4 bis 5 cm langen Strohhalms, Pfeifenstiels oder Zahnstochers (eines Federkiels), der am äußern Ende gerade geschnitten ist, halte diesen lotrecht und blase anhaltend zuerst schwach, dann kräftig hinein. Das Kügelchen steigt empor und schwebt in dem Luftstrahl, sich munter drehend, einige Zentimeter über der Röhre. Vorsicht, Schutzbrille!

b) Verfügt man über einen ziemlich kräftigen gleichmäßigen Dampfstrom oder Luftstrom, so lasse man ihn durch ein Schilfrohr, das unter 45° nach oben gerichtet ist, gegen ein Holundermarkkügelchen und gegen einen mit Luft gefüllten Kautschukballon strömen, rücke diesen dabei mit der Hand etwas nach vorn. Kügelchen und Ballon nähern einander, ohne zu fallen. Je schwerer der Ballon ist, desto näher liegt seine Gleichgewichtslage bei der Rohrmündung.

c) Bohre in ein einseitig geschlossenes dünnes Metallrohr (in einen Federhalter), in ein Binsenrohr oder Bambusrohr, das an dem einen Ende mit Siegelack oder dergleichen zugekittet ist, in 1 cm Abstand vom geschlossenen Ende ein ~ 1 mm weites Loch. Halte das Rohr wagerecht, lege auf sein nach oben gerichtetes Loch ein leichtes, recht rundes Kügelchen aus Kork oder Brotkrume und blase mit dem Mund anhaltend in das offene Ende hinein. Das Kügelchen steigt empor und schwebt, sich lebhaft drehend, in dem gleichmäßigen Luftstrom. Die Größe des Kügelchens richtet sich nach der Dichte seines Stoffs und nach der Weite der Ausströmungsöffnung. — (Roy de Pierrefitte, LN 15, 255; 1887.)

d) Blase kräftig durch die wagerecht gehaltene Glasröhre, die am freien Ende umgeben ist, und halte eine Holzkugel mindestens 2,5 cm hoch über die Mündung (Fig. 633). Laß die Kugel los und erhalte sie durch Blasen frei schwebend in der Luft. Neige die Röhre wie in der Abbildung und



Fig. 633.

versuche, bei dieser Stellung die Kugel in der Luft schwebend zu erhalten. Zweckdienlicher als eine Kugel aus Holz ist eine aus Holundermark oder aus Kork, am besten aber ist ein Gallapfel; einen solchen kann man selbst bei geringer Geschicklichkeit in beträchtlicher Entfernung von der Mündung fast eine Minute lang in der Luft schwebend erhalten. Er soll wenigstens 2,5 cm Durchmesser haben. (B J 51 Nr. 79; 99 aux. 32.)

e) Biege eine ~ 25 cm lange und 2 bis 3 mm weite Glasröhre (Fig. 634) rechtwinklig um. Wickle einen 1 mm starken Eisendraht schneckenförmig auf, winde den Rest um das Ende des kürzern Schenkels der Röhre und siegle es dort fest. Lege in den so entstandenen Aufhängekorb eine mehrfarbig bemalte Kugel aus Holundermark von 1 cm Durchmesser oder eine Kugel aus Sonnenblumenmark von 2 cm Durchmesser oder einen mehrfarbigen Zelluloidball von 3 cm Durchmesser und blase erst schwach und dann allmählich kräftiger einen Luftstrom durch das Röhrechen. Die Kugel steigt empor und bleibt, sich schwach drehend, in der Luft schweben. (D 80.)

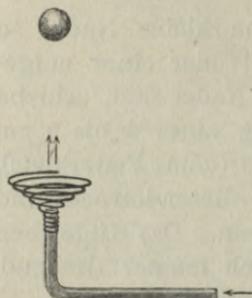


Fig. 634.

f) Fliegende Schmetterlinge. Verschließ eine weithalsige Flasche mit einem durchbohrten Kork, stecke durch sein Loch den Stiel eines Glastrichters und verkittle die Fugen zwischen Flaschenhals, Kork und Trichter sorgfältig mit Siegellack. Fülle die Flasche zur Hälfte mit Wasser und schütte den Inhalt der beiden Brausepulverpäckchen (Natriumbikarbonat und Weinsäure) hinein. Es entwickelt sich lebhaft Kohlendioxyd und sucht durch den Trichterhals zu entweichen. Lege in den Trichter zwei oder drei kleine Kugeln aus Holundermark oder Kork. Man kann die Kugeln färben, auch aus Seiden- oder Zigarettenpapier Schmetterlingsflügel ausschneiden, bemalen und an die Kugeln kleben. (T T 1, 91.)

702. Die Münzumwälzung. Lege auf den Tisch ein Fünfmarkstück oder einen Taler oder noch besser eine große Münze mit geripptem Rande, setze die Spitzen zweier Nadeln oder Messer genau in zwei Gegenpunkte des Randes ein, hebe das Geldstück bis zur Mundhöhe und blase kräftig gegen die obere Hälfte. Die Münze dreht sich mit so großer Geschwindigkeit um ihre Achse, daß man eine Metallkugel zu sehen glaubt. (L N 15, 288; 1887.)

703. Windrad (Fig. 635). Befestige an einer 80 cm langen, 2 cm breiten und 4 mm dicken Latte aus leichtem Holz zwei Pappdeckelhalbkreise von 32 cm Durchmesser. Lege beim Festnageln der Flügel einen Lederpappstreifen darüber und verwende breitköpfige Nägel (Heitzwecken).

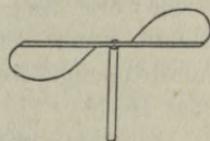


Fig. 635.

Durchbohre die Latte in der Mitte und verbinde sie durch eine rundköpfige Holzschraube mit dem Griff, der 30 cm lang und  $2\frac{1}{2}$  bis 3 cm dick ist. Man kann die Flügel auch in Gegenfarben (rot und grün, oder violettblau und gelb) bemalen. (Pallat, Der deutschen Jugend Handwerksbuch, 101.)

**704.** Die Windmühle (Fig. 636). Schneide von dem dicken untern Ende eines Strohhalms ein  $\sim 16$  cm langes Stück für eine Blsröhre ab, ferner ebenfalls vom dicken Ende zwei gleiche 7 cm lange Stücke. Spalte diese recht vorsichtig 4 cm weit in vier Lappen und biege diese so zurück, daß sie zum Halm senkrecht stehen. Biege ein 72 cm langes Halmstück vom dickern Ende aus in den Abständen 15, 25 und 55 cm zu einem gleichschenkligen Dreieck um, dessen Grundlinie 10 cm und dessen Seiten 30 cm lang sind, stecke die überstehenden 2 cm am dünnern Ende in das dickere Ende und schließe so das Dreieck. Stelle aus dem dünnsten Teile des Halms die beiden Querstäbe her, schiebe ihre Enden durch Spalte in den Dreiecksseiten, biege die Enden dann rechtwinklig um und stecke sie der Länge nach in die Höhlen der Seitenhalme. Der eine Querstab dient als Achse für das Rad. Stecke dieses derart auf, daß die gespaltenen Teile einander zugekehrt, doch so gegeneinander verschoben sind, daß 8 Flügel entstehen. Lagere die Blsröhre in Spalten des andern Querstabes und der Dreiecksgrundlinie. Blase kräftig durch die Röhre und setze so das Rad in Drehung. (Arthur Good, LN 16, 64; 1888.)

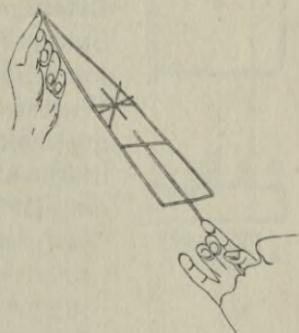


Fig. 636.

**705.** Das Gasrad (Fig. 637). Befestige eine achteckige Scheibe aus leichter, aber steifer Pappe zwischen zwei Korken, die auf einer Stricknadel sitzen. Klebe zwei aneinanderstoßende Ränder von quadratischen Blättern aus Schreibpapier so an dem Umfange der Scheibe fest, daß kegelförmige Eimer entstehen. Lagere die Stricknadel in einem Gestell aus Draht oder Holz und schmiere das Lager tüchtig, so daß sie sich leicht bewegen kann. Gieße, wie es in der Abbildung angedeutet ist, Kohlendioxyd in die Eimer. Das Rad dreht sich. Ist das Rad hinreichend groß und gut ausgeglichen, so kann man es auch mit Wasserstoff betreiben. Diesen läßt man von unten her in die Eimer strömen.



Fig. 637.

Macht man die Scheibe aus Holz und die Eimer aus Pappe und firnißt man alles stark, so kann man das Rad mit Wasser antreiben oder auch als Baggermaschine verwenden. (Hs 89.)

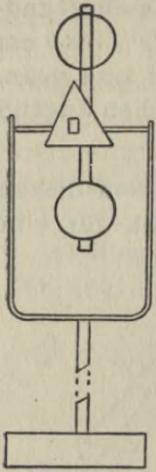


Fig. 638.

**706.** Winddruck. Verbinde einen empfindlichen Druckmesser (S. 270 Nr. 514\*\*) mit einer kurzen Glasröhre und richte ihre Mündung gegen den Wind. (M T 127 und 37.)

**707.** Windmesser. Verfertige, wie es Fig. 638 in natürlicher Größe zeigt, eine ganz kleine Nachbildung des Robinsonschen Schalenkreuzes. Befestige kleine Papierkegel auf Streichhölzchen. Spieße je zwei dieser Hölzchen kreuzweis auf eine feine Nähnadel. Weise mit dem so gebildeten, durch Wachströpfchen genau ausgeglichenen Rädchen beliebig gerichtete Luftströme nach und schätze ihre ungefähre Stärke ab. Das Rädchen zeigt auch Wechselströmungen an. (M T 128.)

## Nachträge.

**S. 6 Nr. 4d.** Lege eine Scheibe Filterpapier auf den Boden des Schälchens. Der Trichter und das Schälchen werden emporgetrieben, nach einiger Zeit sinken beide auf den Boden, und dann steigt der Trichter allein empor. (Rebenstorff, Z 25, 172; 1912.)

**S. 10 Nr. 10.** Die Biegung der Röhre b (Fig. 639) ist mit Quecksilber gefüllt. Man senkt sie in das Wasser, das in dem Standglas a enthalten ist. Der Wasserdruck, der mit der Tiefe wächst, treibt das Quecksilber in dem langen Schenkel von b empor. Man mißt die Hebung des Quecksilbers oft mit einer Teilung, die man auf die Außenwand des Gefäßes geklebt hat. Es ist nicht leicht, auf diese Weise genaue Ergebnisse zu erhalten. Brooks (School Science 4, 171; 1904) verwendet zum Ablesen des Quecksilberstandes an einem Meterstab eine Klammer aus Federmessing. Sie ist  $\sim 5$  cm breit und sorgfältig so um das Gefäß a gebogen, daß nur ein geringer Spielraum bleibt. Das gerade Ende des Streifens ragt als Zeiger über die Teilung des Stabes hinweg. (Vgl. HH 175.) Wegen der Verzerrung, die das Wasser bewirkt, ist ein hinter dem Gefäß aufgestellter Spiegelmaßstab nicht verwendbar.

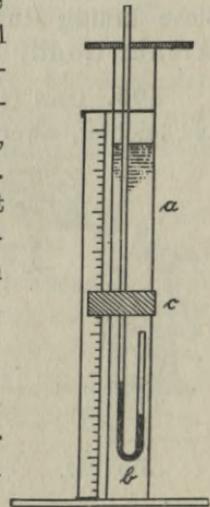


Fig. 639.

**S. 16 Nr. 25.** Vgl. Hagar, School Science 3, 408; 1904. Sprague, School Science 4, 140, 1904.

**S. 34 Nr. 60b.** Vgl. Pöttsch, Z 27, 240; 1914.

**S. 38 Nr. 65c.** Setze in das  $\sim 5$  cm weite Lampenglas A (Fig. 640) einen doppelt durchbohrten Gummistopfen B ein und führe durch die Löcher die  $\sim 5$  mm weiten Röhren CD und E. In die gebogene Standröhre CD ist bei D rundherum eine feine Linie eingeritzt oder geätzt. Verbinde eine enge Ausflußröhre F durch ein Stück Gummischlauch mit der kurzen Röhre E. Fülle das Gefäß A und die Röhren CD und EF mit Wasser und verschließe EF mit dem Quetscher G. Laß allmählich so viel Wasser ausfließen, daß die Kuppe des Wassers die Linie D berührt. Tauche einen abgewogenen Körper, z. B. ein Messingstück, in A ein, laß so viel Wasser ablaufen, bis es wieder bei D steht, und wäge das ausgelaufene Wasser. Vergleiche das gefundene Gewicht mit dem Gewichtsverlust des Körpers in Wasser. Die Vorrichtung muß frei von Fett sein und fest eingeklemmt werden, damit sich der Wasserstand während des Versuchs nicht ändert. (George, School Science 3, 21; 1903. Sprague, School Science 4, 141; 1904.)

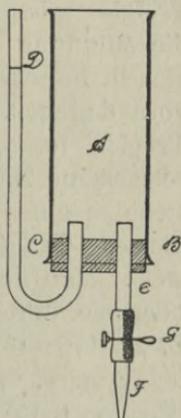


Fig. 640.

**S. 53 Nr. 94\*.** Schwimmflasche. (Rebenstorff, Z 25, 171; 1912.)

**S. 53 Nr. 94\*\*.** Dichte des Eises. Fülle Weingeist von der Dichte  $0,8$  bis  $0,9$   $\text{gr/cm}^3$  in ein Becherglas und wirf ein Stück Eis hinein, das keine Luftblasen enthält. Es sinkt zu Boden. Der Weingeist schmilzt langsam das Eis, das gebildete Wasser vermischt sich mit dem Weingeist und vergrößert dessen Dichte nach und nach. Sobald die Dichte des Weingeists nur ganz wenig größer als die des Eises geworden ist, steigt das Eisstückchen langsam zur Oberfläche. Nimm es heraus und bestimme die Dichte der Flüssigkeit. (Magin, Z 23, 174; 1910.)

**S. 60 Nr. 109d.** Schneide von einer  $\sim 0,5$  cm weiten Glasröhre zwei gleich lange Stücke ( $\sim 50$  cm) ab, verbinde jedes Stück durch einen kurzen Gummischlauch mit einem Trichter ( $500$   $\text{cm}^3$ ) und stelle beide lotrecht nebeneinander auf. Wähle zwei gleiche Trichter. Gieße in beide Trichter gleiche Mengen kaltes Wasser und beobachte die Ausflußdauer. Sie ist bei beiden annähernd gleich. Wiederhole den Versuch, doch gieße in den einen Trichter recht heißes Wasser. Dieser Trichter entleert sich schneller. Fließt bei dem ersten Versuch das Wasser etwas rascher durch die eine Röhre, so füllt man beim zweiten Versuch das Wasser in den andern Trichter. (Mercanton, Physik. Zeitschr. 13, 85; 1912. Z 25, 234; 1912.)

**S. 67 Nr. 129\*b.** Laß vor einem Spiegel reines Wasser im Sonnenlicht langsam abtropfen und blase die Tropfen von der Seite her vorsichtig gegen den Spiegel. Die kleinen Nebentröpfchen werden dagegen getrieben und sind dort einige Zeit sichtbar.

Schmelze in einer Prüfröhre lufttrocknes Natriumazetat mit einem Wasserzusatz von etwa  $\frac{1}{8}$  seiner Masse. Stelle aus einer Röhre, deren Wand 1 mm dick ist und die 4 mm lichte Weite hat, eine  $\sim 20$  cm lange Saugröhre her, deren obere Öffnung gerade abgeschnitten und deren untere Öffnung  $\sim 1$  mm weit ist. Entnimm dem Prüfglas mit der Saugröhre überschmolzenes Natriumazetat, halte die Mündung 1 cm hoch über eine reine Glasplatte, laß Tropfen einzeln herausrinnen und blase gleichmäßig, doch nicht zu stark, von vorn dagegen. Die Nebentröpfchen werden  $\sim 1$  cm weiter als die Tropfen fortgetragen. Tauche einen feinen Glasfaden in das überschmolzene Natriumazetat, berühre damit ein festes Azetatkristall und stelle so einen Impfstift her. Berühre damit die größern und die kleinern Tropfen auf der Platte. Sie werden fest und undurchsichtig weiß. Man kann sie mit dem bloßen Auge aus der Nähe betrachten oder sie durch Bildwurf weithin sichtbar machen. (Rebenstorff, Z. 25, 173; 1912.)

**S. 68 Nr. 129\*f.** Für Flüssigkeitskugeln ist besonders geeignet Orthotoluidin. Es ist tiefrot gefärbt, in Wasser unlöslich und hat bei  $24^\circ$  dieselbe Dichte wie Wasser. Bei einer höhern Wärmestufe ist es leichter und bei einer tiefern schwerer als Wasser von der gleichen Warmheit. Halte eine Röhre, die mit einem Hahn versehen ist, mit ihrem untern Ende, das auf 3 bis 4 cm erweitert ist, genau auf den Wasserspiegel und laß das Orthotoluidin einfließen. Man erzielt so Tropfen von 3 bis 4 cm Durchmesser. Je nach der Warmheit des Wassers sinken sie zu Boden oder steigen empor. Das Sinken der Toluidinkugeln kann man dadurch verhindern, daß man mit einer Saugröhre eine 50proz. Salzlösung auf den Boden des Behälters bringt. Man erhält auf diese Weise frei schwebende Flüssigkeitskugeln von  $200 \text{ cm}^3$  und mehr. (C. R. Darling, Z 26, 370; 1913, nach Knowledge Febr. 1913. Prometheus Nr. 1240, 1913.)

**S. 75 Nr. 148c.** Asmus (Z. 27, 41; 1914) läßt „Gilette-Klingen“ auf Wasser schwimmen und belastet sie noch mit 0,5 gr.

Schwimmendes Aluminiumblech. Lege einen Taler auf ein 0,1 mm dickes Aluminiumblech und schneide mit der Schere eine runde Scheibe heraus. Halte diese wagerecht zwischen Daumen und Zeigefinger 8 cm hoch über den Wasserspiegel und laß sie fallen. Sie schwimmt. (Rebenstorff, Z 27, 220; 1914.)

**S. 96 Nr. 190.** Überziehe die Gestelle mit Kautschukhaut und sauge die Luft aus dem Innern mit einem Röhrchen aus, das an Stelle des Drahtstiels eingesetzt ist. (E. Mach, Populär-wissenschaftliche Vorlesungen<sup>1</sup> 11. Zinger, Z. 25, 94; 1912.)

**S. 108 Nr. 216\*.** Quecksilberblasen. Bringe in eine Abdampfschale  $\sim 30 \text{ cm}^3$  Quecksilber und gieß eine 1,7 cm hohe Wasserschicht darüber. Blase durch eine gebogene, spitz ausgezogene Glasröhre

Luft unter das Quecksilber. Es bilden sich Blasen, die eine birnförmige Gestalt annehmen, an den Wasserspiegel steigen und sich dort 15 bis 30 Sekunden lang erhalten. Beim Zerplatzen werden die Tröpfchen ziemlich weit weggeschleudert. Ist die Wasserschicht tiefer als 2 cm, so zerplatzen die Blasen, ehe sie den Spiegel erreichen. Ist das Wasser weniger als 1,5 cm tief, so schwellen die Blasen zu einer beträchtlichen Größe (2 bis 3 cm im Durchmesser) an, ehe sie die Quecksilberoberfläche verlassen, und platzen dann. Die haltbarsten Blasen erhält man mit Quecksilber, das mit Salpetersäure und dann mit Ätzkali gut gereinigt worden ist. Recht dauerhafte Blasen erzeugt man mit Quecksilber, das mit Natrium verunreinigt worden ist. Geringe Verunreinigungen des Wassers mit Öl, Seife oder Weingeist schaden nichts. Statt Wasser kann man auch Methylalkohol nehmen. (Dixon, Nature Nr. 1757, daraus Z 17, 97; 1904.)

**S. 110 Nr. 224c.** Biege schwach einen dünnen magnetisierten Stahlstreifen, befestige mit Picein in der Mitte ein lotrechtes Stielchen aus dünnem Aluminiumdraht oder Holz und setze den Streifen auf eine schwimmende Aluminiumscheibe (S. 402 Anm. zu Nr. 148c). Lege quer über den Rand des Gefäßes ein Kartonstück so, daß sein gerader Rand dem Magnetstreifen gleichläuft. Lege nun  $\frac{1}{2}$  m östlich oder westlich davon einen Magnet hin. Er lenkt den schwimmenden Magnet etwas ab. (Rebenstorff, Z 27, 220; 1914.)

**S. 130 Nr. 258. a)** Tauche neben ein schwimmendes Aluminiumblech (S. 402 Anm. zu Nr. 148c) eine Bleistiftspitze ins Wasser. Sie stößt die Scheibe gleichsam ab. Ziehe die Spitze schnell aus dem Wasser. Das Blech springt an seinen alten Ort zurück.

**b)** Tauche neben der Scheibe einen Streifen Aluminiumblech lotrecht und langsam ins Wasser. Der Schwimmer flieht davon. Zieh den Streifen behutsam empor. Der Schwimmer eilt darauf zu. Schneide aus Aluminiumblech ein Quadrat, laß es auf Wasser schwimmen, tauche neben einer Ecke einen Streifen Aluminiumblech lotrecht tief ein und ziehe ihn dann etwas empor. Der Schwimmer dreht sich hin und her.

**c)** Wölbe schwach eine talergroße Scheibe aus dünnem Aluminiumblech und lege sie mit der hohlen Seite auf das Wasser. Ein eingetauchter benetzter Gegenstand zieht die Enden des emporgehobenen Durchmessers an, alle andern Stellen stößt er ab.

**d)** Lege das gewölbte Blech mit der erhabenen Seite aufs Wasser. Es eilt aus der Wassermitte weg und legt sich mit einem der schwach aufwärts gebogenen Flügel dicht an die Glaswand.

**e)** Biege einen Streifen aus dünnem Aluminiumblech, wie Fig. 641 zeigt, so daß ein Drittel seiner Länge eben und der Schwerpunkt des gebogenen obern Teils über der Mitte des wagerechten ebenen

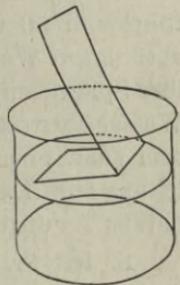


Fig. 641.

Stücks liegt. Laß das ebene Stück auf Wasser schwimmen. Biege den Streifen unter einigem Probieren so, daß er sich in der Mitte des Wasserspiegels hält und überall von einer eingetauchten Bleistiftspitze abgestoßen wird. — (Rebenstorff, Z 27, 220; 1914.)

**S. 141 Nr. 291.** Vgl. Bosse Z 10, 248; 1897. Man kann die Flüssigkeiten auch in einem Schenkel von Rebenstorffs gefüllt bleibendem Heber (S. 286 Nr. 537\*) übereinanderschichten. Rebenstorff (Z 22, 169; 1909) gießt in ein Wägegläschen Glycerin von der Dichte  $1,23 \text{ gr/cm}^3$ , füllt eine Saugröhre mit Kuprisulfat von der Dichte  $1,19 \text{ gr/cm}^3$ , hält die Mündung der Röhre über dem Glycerin an die Glaswand und läßt das Kuprisulfat langsam daran entlang auf das Glycerin fließen. Es entsteht eine scharfe Trennungsfäche. Er schichtet über Glycerin auch eine Kuprisulfatlösung von annähernd gleicher Dichte und ferner über Glycerin eine verdünnte Kobaltchloridlösung von der Dichte  $1,2 \text{ gr/cm}^3$ . Mache die Erscheinung durch Bildwurf, auch nach dem Schlierenverfahren, sichtbar.

**S. 141 Nr. 292. a)** Gieße in ein Becherglas eine gesättigte Lösung von Kuprisulfat. Kite eine dünne Korkscheibe mit Siegelack an einen Glasstab. Halte die Scheibe dicht über die Oberfläche der Lösung, gieß übergedampftes Wasser an dem Stab entlang, hebe dabei die Scheibe langsam in dem Maß empor, wie der Wasserspiegel steigt, und überlaß die übereinander geschichteten Flüssigkeiten sich selbst.

Schichte ebenso übergedampftes Wasser über eine gesättigte Lösung von Rohrzucker.

Bedecke Kristalle eines farbigen Salzes oder von Zucker in einem Standglas vorsichtig mit Wasser. (Arendt-Doermer, Techn. d. anorg. Experimentalchemie<sup>4</sup> 884, 973.)

Fülle ein 30 bis 40 cm hohes Standglas zur Hälfte mit übergedampftem Wasser, das mit Lackmuslösung schwach blau gefärbt ist. Fülle eine zu einer schlanken Spitze ausgezogene und dann zugeschmolzene Glasröhre von 50 cm Länge und 1,5 bis 2 cm Weite mit einer wässerigen gesättigten Weinsäurelösung. Tauche die Röhre in das Standglas, stoß ihre Spitze auf dem Boden ab und laß die Lösung unter dem gefärbten Wasser austreten. Die Rotfärbung der Lackmuslösung schreitet langsam nach oben fort und zeigt die Durchdringung an. (Rupe, Anleitung zum Experimentieren in der Vorlesung über organische Chemie, daraus Arendt-Doermer<sup>4</sup> 884.)

**S. 142 Nr. 295\*.** Steinbrincks einfache Einführung in die Lehre vom Durchgang.

### 1. Versuche über Durchgang von Gasen.

1. a) Verschließe die Mündung einer Tonzelle, versieh sie mit einer offenen verjüngten Glasröhre und verbinde diese mit einem empfindlichen Druckmesser (S. 270 Nr. 514). Laß  $\sim 10$  Se-

kunden lang Leuchtgas unter eine Glasglocke treten, die du mit der linken Hand hältst, und führe mit der rechten für einen Augenblick die Tonzelle ein, deren Boden nach oben gerichtet ist. Der Druckmesser zeigt sofort eine starke Druckerhöhung an. Sie verschwindet ebenso schnell beim Herausziehen der Zelle.

b) Halte die Zelle einige Sekunden lang in die Glocke, bis der Druckmesser eine sehr starke Druckerhöhung anzeigt, und zieh dann die Zelle rasch heraus. Der Druckmesser zeigt einen bedeutenden Unterdruck an.

c) Führe die Zelle von neuem abwechselnd in die Glocke hinein und wieder heraus. Bald steigt der Druck in der Zelle, bald fällt er, und bald bleibt er unverändert.

2. Wiederhole die Versuche (1a, b und c) mit Wasserstoff.

3. Ziehe die Stiele einiger kleinen Glockentrichter aus und binde über die weiten Mündungen feuchte Schweinsblase oder Pergamentpapier. — Gieß auf den Boden eines Becherglases eine etliche Zentimeter hohe Schicht einer gesättigten Ammoniaklösung. Verbinde mit dem Druckmesser einen mit feuchter Blase verschlossenen Trichter und senke ihn mit abwärts gerichteter Haut in das Ammoniakgas, ohne die Flüssigkeit zu berühren. Der Druckmesser zeigt nach wenigen Sekunden in dem Trichter einen merklichen Überdruck an, der in wenigen Minuten bedeutend steigt. Stelle mit dem Trichter Versuche an, die den Vorführungen (1a, b und c) entsprechen.

2. Versuche über Durchgang von Flüssigkeiten.

1. Fülle in einen mit feuchter Blase überbundenen Glockentrichter etwas gesättigte Ammoniaklösung und in einen andern gleichen Trichter etwas Wasser. Tauche nun den ersten Trichter in Wasser und den andern in die gleiche Ammoniaklösung. Alle benutzten Gegenstände müssen gleich warm sein. Verbinde beide Trichter gleichzeitig mit zwei gleichen Druckmessern. Binnen kurzem zeigen die Druckmesser entgegengesetzte Druckänderungen an, also einen raschern Durchgang des Wassers.

2. Wiederhole den Versuch (1) wiederum in doppelter Ausführung etwa mit gesättigter Kuprisulfatlösung oder, mit etwas schnellerem Verlauf, unter Verwendung von halbdurchlässig gemachtem Pergamentpapier (vgl. S. 147 Nr. 307) mit gesättigter Zuckerlösung. Die Wirkung tritt in demselben Sinn ein, wenn auch langsamer. — (Steinbrinck, Z 18, 82; 1905.)

**S. 143 Nr. 298a.** Doermer (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 887) füllt ein Standglas (100 bis 300 cm<sup>3</sup>) bis zum Überlaufen mit einer gesättigten Zuckerlösung und verschließt das Gefäß luftdicht mit Rindsblase.

Künstlicher Saftdruck (Turgor). Binde fest über die Enden einer 10 bis 20 cm langen, weiten Glasröhre nasse, vorher stundenlang gewässerte Schweinsblase, nachdem man die Röhre mit

einer starken Zuckerlösung unter Vermeidung von Luftblasen gefüllt hat. Lege die Vorrichtung in eine Schale mit warmem Leitungswasser (50°). Die Zuckerlösung zieht im Verlauf einiger Stunden reichlich Wasser an und wölbt die Häute nach außen. Stich mit einer Nadel in eine der prall gespannten Häute. Ein Strahl Zuckerlösung schießt in einem 2 m langen Bogen heraus. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 18.) Weitere Abarten des Versuches bei Detmer, Das kleine pflanzenphysiologische Praktikum.

**S. 143 Nr. 299a.** Doermer (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 885) überspannt ein abgesprengtes Arzneiglas (100 bis 300 cm<sup>3</sup>) mit einer Schweinsblase oder Rindsblase, die vorher durch Einlegen in Sodalösung und nachfolgendes Auswaschen mit Wasser oder durch Waschen mit warmem Seifenwasser oder Benzin entfettet worden ist.

Füllen der Trichterröhre. Binde über die Öffnung der Trichterröhre (Fig. 642) die tierische Haut oder kittle sie daran fest. Befestige die Haarröhre in der Klemme eines Gestells. Schiebe einen ~ 25 cm langen geraden Eisendraht so in die Röhre, daß er ~ 5 cm hineinragt. Halte eine Prüfröhre, die etwas Lösung enthält, in der angegebenen Stellung und gieß langsam die Lösung am Draht hinab. (Giffin, School Science 5, 725; 1905.)

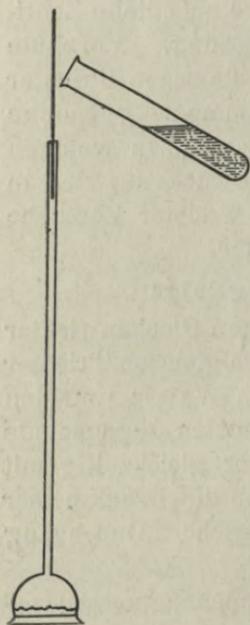


Fig. 642.

**S. 144 Nr. 299c.** Verschieß beide Enden eines Pergamentschlauchs (Hugershoff, Leipzig, oder Desaga, Heidelberg) mit Kautschukstopfen und dichte den Verschluss durch Umwickeln mit Bindfaden (Fig. 643). (Oettli, Monatshefte f. d. naturw. Unterr. 4, 79; 1911.)

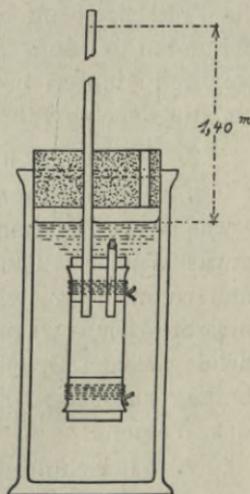


Fig. 643.

Ganong (School Science 3, 123; 1903) empfiehlt Schleicher und Schülls Durchgangshülsen, die an Röhren geeigneter Größe befestigt werden. Die Hülsen haben die Gestalt eines Handschuhfingers und sind in zwei Größen, jede 10 cm lang und 16 oder 40 mm weit, käuflich. Wenn man einen 16 mm weiten Schlauch einweicht und mit gewachstem Faden über das Ende einer gleichweiten Röhre bindet, mit Zuckersirup füllt und in Wasser taucht, so steigt die Flüssigkeit in 24 Stunden in der Röhre 25 bis 35 cm empor und erreicht schließlich eine Höhe von 50 bis 60 cm. Benutzt man statt der weiten Röhre einen einfach durchbohrten Gummistopfen,

durch den eine Barometer- oder Haarröhre geführt ist, so steigt die Flüssigkeit so schnell (10 cm/min bei einer 0,05 mm weiten Röhre), daß man die Bewegung aus beträchtlicher Entfernung verfolgen kann. Man kann die Schläuche halb durchlässig machen. (Vgl. S. 147 Nr. 307.)

Doermer (a. a. O. 887) verwendet ein 5 cm langes Stück eines Prüfglases, das so weit ist, daß eine in Wasser erweichte Durchgangshülse sich nur eben noch über das abgeschnittene Ende schieben läßt. Er dichtet durch Umwickeln mit starkem Bindfaden, ohne Leim zu verwenden. Auf die obere Mündung setzt er nach Füllung der Hülse mit gesättigter Rohrzuckerlösung, vorsichtig, damit keine Luftblasen eingeschlossen werden, einen Stöpsel mit engem Steigrohr. Er fertigte 3 bis 4 solcher Zellen an und hob sie, nachdem er Gummistopfen und Röhren abgenommen hatte, in einem mit Wasser gefüllten Pulverglas mit eingeschliffenem Stöpsel auf. Dem Wasser setzte er ein wenig Thymol oder Formaldehyd zu, um Algenbildung zu verhindern.

Zieh ein Glasrohr *a* (Fig. 644) etwas aus, über das man eben noch den Pergamentschlauch *d*, die Durchgangshülse Nr. 579 von Karl Schleicher & Schüll (10 cm, 1,6 cm) streifen kann. Setze das ausgezogene Ende in die Eingußkammer *b* ein, die man aus Glasröhren, Gummischlauch, Trichterrohr, Korken und Quetschhahn hergestellt hat. Setze in die Kammer die ~ 1,50 m lange Barometeröhre *c* ein. Bestreiche das untere Ende der Glasröhre *a* außen und die Mündung der Hülse *d* innen 1 bis 2 cm weit mit Klebwachs oder Hahnfett, schiebe die Hülse über die Röhre und binde sie mit mehrfach herumgewundenem starkem Leinenzwirn fest. Spanne über die Verbindungsstelle einen kurzen Gummischlauch mit einem Korkbohrer, der ein wenig weiter als Hülse und Röhre ist. Schiebe zu diesem Zweck auf den Bohrer (oder auf eine andere Röhre aus Messing oder Glas) den Schlauch, führe ihn behutsam über die Hülse und streife ihn von dem Bohrer auf die Verbindungsstelle der Glasröhre *a* und der Hülse *d*. Fülle mit dem Trichter eine rot gefärbte starke Zuckerlösung ein. Tauche nun die Hülse in ein Becherglas voll Wasser. Die Zuckerlösung steigt rasch in der engen Barometeröhre empor. — Spüle nach dem Gebrauch die Zuckerlösung aus, tauche die Hülse in eine Flasche Wasser und bewahre die Vorrichtung so auf. (Freas, School Science 7, 120; 1907. Arendt-Doermer<sup>4</sup> 886 nach Alexander Smith.) Die Kammer *b* kann man auch durch ein T-Stück ersetzen.

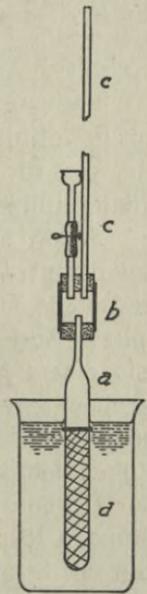


Fig. 644.

S. 145 Nr. 301b\*. Einfacher ist es, einige Stückchen von der Spitze *r* halben Eierschale zu entfernen, Zuckerhineinzulegen und das Ganze über Nacht in einer Spülwanne schwimmen zu lassen. — Peabody empfiehlt Schafdarm, gereinigt, aufgeblasen, in kleine Würstchen zu-

sammengeschnürt und getrocknet. Ellis schlägt Wursthäute vor. Die dünnen Häute einer Zwiebel hat man mit wechselndem Erfolg verwendet.

**S. 145 Nr. 301 c.** Durchlässigkeit des abgetöteten Plasma-schlauchs. Fülle zwei Bechergläser mit übergedampftem Wasser, nicht mit Leitungswasser, da dieses alkalisch wirkt. Schneide nun Rotkohlblätter in Stücke und bringe sie in die beiden Gläser. Erwärme das Wasser in dem einen auf 50 bis 60°. Infolge des Abtötens der Plasmaschläuche tritt der im Zellsaft gelöste rote Farbstoff aus. Das Wasser in dem nicht erwärmten Vergleichsgefäß bleibt farblos. Blätter lockerer Kohlköpfe pflegen mehr Farbstoff zu liefern als solche sehr fester Köpfe. Statt der Bechergläser kann man auch Prüfgläschen verwenden. — Auch mit roten Kirschen gelingt der Versuch sehr gut, etwa in der durch Fig. 645

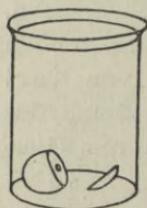


Fig. 645.

angegebenen Form. — Man könnte auch die äußern Teile von Radieschen benutzen. Anthozyanhaltige Laubblätter sind im allgemeinen weniger gut verwendbar. — Der ausgezogene Farbstoff zeigt ähnliche Wirkungen wie Lackmus: durch mäßiges Zusetzen von Alkalien wird er blau (daher Anthozyan genannt), und durch Hinzufügen einiger Tropfen von Säuren rot. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 17.)

Bestreue frische, unverletzte, pralle und nicht entstielte Kirschen mit gewöhnlichem Kochzucker. Es tritt keine starke Wasserentziehung ein, weil die Haut der Kirschen wenig Wasser durchläßt. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 15.)

**S. 145 Nr. 301 d.** Mohrrübenversuch. Höhle etliche ~ 12 cm lange und 4 bis 5 cm dicke Rüben oben einige Zentimeter tief aus und stelle sie frei auf (z. B. durch nicht zu weites Abschneiden des spitzen Endes) oder stecke sie in ein mit Sand gefülltes Gefäß. Bringe mit einem Messer, Löffel, trocknen Prüfglas oder gefalteten Papierstreifen gewöhnlichen trocknen Zucker in die Höhlung, die man nötigenfalls vorher mit einem Tuch auswischt. Beschieke andere Rüben mit Stärkemehl. Schon nach 15 bis 60 Minuten werden die der Grubenwand anliegenden Zuckerteile stark feucht. Nach einigen Stunden löst sich der Zucker, während die Rübe schwach schrumpft. Die mit Stärke gefüllte Rübe bleibt hingegen einige Tage lang unverändert. Lege jene Rübe, die in ihrem obern Teil stärker geschrumpft ist, nach dem Abspülen des Zuckers in reines Leitungswasser. Der obere Teil der Rübe nimmt wieder seine ursprüngliche Größe und Festigkeit an. Den Rohrzucker kann man durch Kochsalz, Kaliumnitrat usw. ersetzen. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 14.)

Murbach (School Science 2, 300; 1902) höhlt die Mohrrübe oder eine Kartoffel aus und bringt Zucker hinein. Dann schneidet er unten ein Stück der Rübe ab und stellt sie in eine Schale, die 2,5 cm hoch

mit Wasser gefüllt ist. Das Ansteigen der Flüssigkeit kann man bequemer zeigen, wenn man mit einem Korkbohrer ein enges Loch in die Rübe macht und eine enge Röhre einsetzt.

Adams (School Science 2, 522; 1903) benutzte eine große, dicke Mohrrübe. Er bohrte mit einem Zimmermannsbohrer in der Richtung der Achse ein  $\sim 2,5$  cm weites und 10 cm tiefes Loch und schälte die Rübe bis zu ihrer Krone. Er füllte die Höhle nahezu mit Zucker und fügte Wasser hinzu, bis es 1 cm unter dem Rande stand. Er verschloß die Höhlung mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen. In das eine Loch war eine  $\sim 2$  m lange und  $\sim 1,5$  mm weite Barometerröhre eingesetzt. Nun drückte er den Stopfen nebst der langen Röhre fest ein und verschloß das andere Loch des Stopfens mit einem Glasstab. Er setzte die Rübe auf einen Dreifuß in einem Becherglas und befestigte die Röhre mit einer Klammer. Nun goß er in das Glas so viel Wasser, daß es bis zu dem obern Ende der Rübe reichte. In  $2\frac{1}{2}$  Stunden erreichte die Flüssigkeit das obere Ende der Röhre.

Höhle einen Rettich aus, durchstich seinen Boden mit einem Stift und fülle Zucker in die Grube. Bald fließt unten aus dem Loch Zuckersaft heraus, der nach Rettich schmeckt. Dieser Saft wird als Hustenmittel verwendet. Ersetzt man den geschmolzenen Zucker rechtzeitig durch festen, so wird schließlich dem schrumpfenden Rettich fast alles Wasser entzogen. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 15.)

**S. 146 Nr. 303.** Künstliche Zelle. Stelle eine gesättigte Kuprisulfatlösung in übergedampftem Wasser her. Verdünne sie mindestens mit dem zweifachen und höchstens mit dem siebenfachen Raum übergedampften Wassers. Fülle diese Lösung in ein Becherglas, ein Prüflglas oder eine Arzneiflasche. Mehr oder weniger eignet sich jedes helle Glasgefäß, dessen Wände einigermaßen glatt sind. Wirf ein stark hirsekorngroßes bis höchstens erbsengroßes, nicht krümeliges (weil dann lufthaltiges) Stück gelbes Kaliumferrozyanid in die blaue Flüssigkeit. Es bildet sich kolloidales Ferrozyankupfer. Es überzieht als feine rotbraune halb durchlässige Haut den am Boden liegenden gelben Kristall des Kaliumferrozyanids, wenn man das Gefäß ruhig stehen läßt. Der Kristall umgibt sich unter der Haut mit einer gesättigten Lösung seines Stoffs. Sie entzieht schnell der blauen Lösung Wasser, und zwar nur Wasser. Lege, um gut beobachten zu können, gleich zu Beginn des Versuchs ein weißes Blatt Papier unter das Gefäß. Läßt man dieses ruhig stehen, so wächst in der blauen Flüssigkeit die künstliche Zelle empor, meist in Gestalt einer unregelmäßigen Keule oder eines Bäumchens mit rotbrauner Hülle und gelbem Inhalt. Nach etwa einer halben Stunde ist der Versuch beendet. (Kolkwitz, Pflanzenphysiologie 15.)

Hänge an einem Platindraht in eine drei- bis siebenprozentige Lösung von Kaliumferrozyanid einen mit Wasser abgespülten Kristall von Kuprisulfat oder Kuprinitrat. Um den Kristall bildet sich sofort

eine Haut von Ferrozyankupfer, die eine gesättigte Lösung von Kuprisulfat umschließt, während sie von einer verdünnten Lösung von Kaliumferrozyanid umgeben ist. Es geht nun fortgesetzt Wasser aus der verdünnten Lösung durch die halbdurchlässige Haut zu der gesättigten Lösung. Die Haut bläht sich stark sackartig auf, bis sie reißt und die gesättigte Lösung ausfließt. Diese umgibt sich sofort wieder mit einer Haut, worin sie wie in einem Schlauch abwärts fließt. Der Schlauch schließt sich dann, und es wiederholt sich der Vorgang. (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 887.)

Außer Kupriferrozyanid bilden auch Zinkferrozyanid, eine Reihe frisch gefällter Silikate und andere Salzniederschläge halbdurchlässige Häute. Bringt man z. B. in eine Wasserglaslösung Kristalle von Kuprisulfat, Kobaltonitrat, Nickelsulfat, Ferrichlorid, Bleinitrat u. a., so bilden sich in wenigen Stunden eigentümliche, wulstig-fadenförmige Auswüchse und füllen nach einigen Tagen das Becherglas. (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 888.) — Über Silikatvegetationen vgl. Brandstätter, Z 7, 132; 1894.

**S. 147 Nr. 306.** Zieh eine Glasröhre zu einer langen Spitze aus und versieh sie an dem andern Ende mit einem Gummischlauch, der mit einem Glasstäbchen verschlossen ist. Quetsche den Schlauch zusammen, tauche die Spitze in etwas kalt gesättigte Kaliumferrozyanidlösung ein und laß los. Es wird etwas Lösung in die Röhre eingesogen. Tauche nun die Spitze in eine verdünnte Kuprisulfatlösung und drücke mit einem Schraubenquetschhahn, den du auf den Schlauch schiebst, einen Tropfen der Kaliumferrozyanidlösung so weit heraus, daß er gerade noch hangen bleibt. Es bilden sich Schlieren von schwererer Kuprisulfatlösung und sinken zu Boden. (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 888 nach A. Thiel.)

**S. 147 Nr. 307 a.** Über Herstellung halbdurchlässiger Häute vgl. Arendt-Doermer<sup>4</sup> 889.

**S. 147 Nr. 307 b.** Doermer (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 886) bindet vor Erzeugung der Niederschlagshaut das Pergamentpapier an der Vorrichtung fest, die er vorher mit Kompoundmasse oder mit Schellack bestrichen hat.

**S. 148 Nr. 308.** Doermer (Arendt-Doermer<sup>4</sup> 886) schüttet in das Steigrohr etwas Alkaliblauf (es wird von der emporsteigenden Zuckerlösung gefärbt) oder färbt die ganze Zuckerlösung mit Methylviolettlösung.

**S. 148 § 21.** Über leimliche Körper (Kolloide) vgl. Arendt-Doermer, Technik d. anorg. Experimentalchemie<sup>4</sup>, Hamburg, L. Voß, 1910.

**S. 158 Nr. 332 c.** Flüsse. Ein 70 cm breiter und 3 bis 4 m langer Streifen Dachblech mit flachen Lötungen wird auf beiden Seiten angestrichen, um das Rosten zu verhindern. Man biegt 10 cm hohe Seitenwände auf und stellt so ein 50 cm breites und 10 cm tiefes Gerinne her. Auch die Enden verschließt man, indem man das Blech

aufbiegt und die Fugen verlötet oder indem man eine Holzwand einsetzt und das Blech daraufnagelt. An dem untern Ende kann man eine Kerbe oder einen Ausguß anbringen, so daß man das überlaufende Wasser einem Abflußrohre zuführen kann. Das Gerinne legt man auf einige Bretter oder einen Tisch und ordnet es so an, daß es in der untern Hälfte ein Gefälle von 7,5 bis 10 cm und in der obern Hälfte ein Gefälle von 15 bis 25 cm erhält. Das Blech sinkt leicht in diese Stellung, wobei es an der Biegung eine schwache Falte macht. Fülle das Gerinne mit sandiger oder leichter Erde, streue sie ziemlich gleichmäßig und nicht klumpig hinein und laß am untern Ende eine  $\sim 60$  cm langes Stück frei. Laß nun am obern Ende einen schwachen Wasserstrom einfließen und sich seinen eignen Lauf abwärts zu dem Raum suchen, der unten frei geblieben ist. Dort bildet sich beim Ausfüllen eine Bucht oder ein Busen. Er hemmt den Flußlauf und gestattet die Ablagerung von Sinkstoffen. Hier bauen sich bald Deltas und angeschwemmte Fächer auf. Die Wirkung der Wellen und der Gezeiten auf Deltas und Sandbänke\* kann man untersuchen, indem man an dieser Stelle das Wasser hin und her bewegt. Einen vorspringenden Damm kann man schnell errichten, indem man zwei Streifen aus Glas oder dünnem Holz nahe bei der Mündung einsetzt. Der Unterlauf des Stroms wird schnell schwach und entwickelt bald Windungen und überflutete Flächen. Der steilere Teil hat durch reißende Strömungen gebildete Schlünde und zeigt in seinem Anfange Wasserfälle, Seen und andere Eigentümlichkeiten junger Flüsse. Ein dauernder Wasserfall bildet sich, wenn man unter die Erdoberfläche eine Tonschicht gelegt hat. Die Wirkung der Bodenbestandteile auf die Böschung der Ufer kann man erläutern, wenn man verschiedene Erdarten verwendet. Da das Gerinne biegsam ist, kann man es leicht allmählich heben und senken und die Wirkung auf den Fluß beobachten. (Hatch, School Science 3, 90; 1903.)

**S. 167 Nr. 352.** Setze in den Stützen des Standglases A (Fig. 646) die Glasröhre R ein. Verbinde diese durch den 20 bis 30 cm langen Gummischlauch I mit der rechtwinklig umgebogenen und oben in eine feine Spitze ausgezogenen Röhre K. Verbinde diese durch den Gummischlauch II mit der Steigröhre S. Quetsche mit einer Hand oder mit beiden

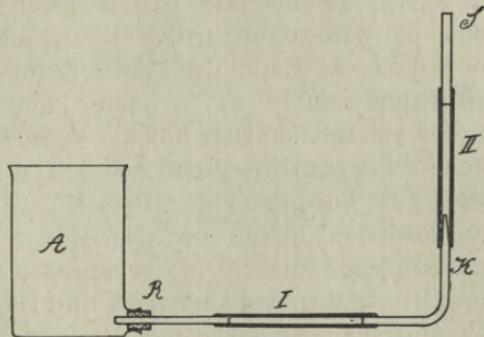


Fig. 646.

Händen den Schlauch I zusammen, laß ihn dann los und wiederhole dies in rascher Aufeinanderfolge. Die Flüssigkeit steigt in

der Röhre S weit über den Stand in dem Gefäß A. (Zander, Z 27, 240; 1914.)

**S. 178 Nr. 360\*.** Auswaschungen (Erosion). Das Niederschlagwasser muß man gleichmäßig verteilen, die Tropfen müssen klein sein, ihre Größe darf sich mit der Zeit nur wenig ändern, und die Wassermenge, die auf die Versuchsfläche fällt, darf dort nur winzige Ströme erzeugen. Der Wassersprüher besteht aus zwei Teilen: der Düse und dem Ausbreiter. Die Düse ist eine 6 mm weite Messingröhre, die man auf das Ende eines gewöhnlichen Gartenschlauchs schrauben kann. Das Ende der Düse ist mit einem Messingstück verschlossen, das mit dem kleinsten Bohrer durchlocht worden ist. Das Ende des Lochs ist dünn mit Lot überzogen und eine kleine Öffnung durch die Lotschicht mit einer feinen Battistnadel gestochen. Das Ende der Düse, das auf den Schlauch geschraubt wird, ist innen mit einem Drahtnetz versehen, das alle festen Stoffe zurückhält. Die Düse muß man sehr sorgfältig arbeiten, so daß man einen ganz feinen, aber beständigen Sprühregen unterhalten kann. Den Schlauch verbindet man mit einer Leitung von hohem Druck, damit hinreichend Kraft vorhanden ist, eine Verstopfung der kleinen Ausflußöffnung zu verhüten. — Der Ausbreiter besteht aus einem ~ 7,5 cm breiten und 18 cm langen, sehr dünnen Kupferblatt. Das eine Ende ist in die Gestalt eines Kegelstumpfs zusammengebogen und an dem kleinen Kreisrand schwach eingebogen und mit einer feinen Feile rauh gemacht. Das Kegelstück ist um ~ 30° aufgebogen und der Rest des Streifens zu einem Gerinne rund gebogen. Es führt den Überschuß des Wassers ab, das aus der Düse austritt. — Die Düse fügt man so in den Ausbreiter ein, daß ihr Strahl gegen den schwach einwärts gebogenen Rand des Kegels stößt. Das Wasser fällt im Bogen vor dem Ausbreiter nieder, bildet einen sehr feinen Sprühregen und berieselt gleichmäßig eine Fläche von 60 bis 90 cm im Geviert, wenn man den Ausbreiter richtig gemacht hat. Fallhöhe und Bewegungsgröße kann man mit dem Winkel ändern, unter dem das Ende des Ausbreiters emporgebogen ist. Düse und Ausbreiter muß man sorgfältig ausrichten, damit nur ein feiner Sprühregen gleichmäßig auf die Versuchsfläche fällt. — Die Versuchsfläche stellt man in einem ziemlich dichten Holztrog her, der im Geviert 50 cm groß und 10 cm tief ist. Durch eine Wand sind in verschiedenen Höhen über dem Boden Löcher gebohrt. Durch Öffnen und Schließen dieser Löcher kann man verschiedene Wasserstände herstellen und so das Aufsteigen und Untertauchen des Landes während der Auswaschungsdauer nachahmen. Den Trog stellt man schwach geneigt vor dem Ausbreiter so auf, daß die durchlochte Wand tiefer steht. — Zur Erzielung der besten Ergebnisse müssen die Stoffe, woraus man die Versuchsfläche herstellt, nach Gestalt und Größe des Kornes, nach Dichte, Anhaftung, Löslichkeit und Farbe wechseln. Die

Korngröße bestimmt man mit Sieben verschiedener Maschenweite. Man benutze Siebe mit 5, 8 und 10 Maschen auf dem Zentimeter. Man siebt die Stoffe in dem Trog in Schichten der gewünschten Dicke und Reihenfolge sorgfältig übereinander. Als Stoffe für die Versuche benutze man Sand, Kohlenstaub, gemahlene Schwefel, Knochenmehl, Formerton, gepulverten Bimsstein, Kreide und Salz. Die Stoffe sind ungefähr nach der Schwierigkeit der Auswaschung geordnet. Korngrößen, die nicht durch das weiteste der genannten Siebe hindurchgehen, sind unvorteilhaft. — Schwefel, mit einer Hackmaschine zerkleinert, ist am besten geeignet für die auswaschbare harte Schicht. Knochenmehl kann man mit Anilinfarben beliebig färben. Daher kann man seine Schichten deutlich hervortreten lassen. Formerton ist sehr fein, aber ziemlich zäh und liefert etwas sanfte Erhebungen. Bimsstein wird leicht ausgewaschen. Salz ist löslich. Siebt man die Stoffe in Schichten übereinander, läßt man an der durchbohrten Wand einen leeren Raum und verschließt man die untern Löcher, so kann man die Auswaschung der Flächen und die Ablagerungserscheinungen leicht zeigen. Die Stromwirkung kann man erzeugen, wenn man aus einer Röhre einen kleinen Strom in das stille Wasser fließen läßt, das an das Festland grenzt. Die Wirkung der Wellen ahmt man nach, indem man in dem stillen Wasser einen Kolben mit einem Uhrwerk oder mit der Hand auf und ab bewegt. Um das Auswaschen gefalteter Schichten zu zeigen, stellt man eine grobe Nachahmung der gewünschten Gestalt her, bedeckt sie mit einem wasserdichten Stoff und siebt die Schichten auf das Tuch. (Snyder, School Science 3, 167; 1903. Vgl. auch Hillands, School Science 3, 270; 1903.)

**S. 189 Nr. 374.** Spritzbüchse. Nimm ein Stück vorjähriges Holunderholz von ~ 20 cm Länge und 2 bis 3 cm Stärke. Stoße mit einem Stabe, der so dick ist wie die Markfüllung im Holunderholz, das Mark heraus. Schnitze ein rundes,  $1\frac{1}{2}$  cm langes Haselholzstück zurecht, durchstoße sein Mark so mit einer Stricknadel, daß ein sauberes Loch entsteht. Treibe dies Hölzchen oben in die Holunder- röhre. Schnitze nun den Stempel und gib ihm unten einen Griff. Schneide oberhalb des Griffs alles Holz rundherum so weit sauber weg, daß sich der Stößel leicht in der Röhre auf und ab schieben läßt. Wickle um den obern Teil des Stempels etwas Leinen und binde es mit Garn fest. Der so hergestellte Kolben muß ganz dicht schließen. Schiebe den Kolben ganz in den Stiefel hinein, halte den obern Teil der Spritze in Wasser, zieh den Stempel empor und drücke nun den Kolben kräftig in die Röhre. Das Wasser spritzt in starkem Strahl aus dem Loch heraus. (Pallat, Der deutschen Jugend Handwerksbuch, 98.)

**S. 240 Nr. 466.** Blase vorsichtig auf die Kohlendioxydschicht Tabakrauch. Er senkt sich langsam bei dem Abhebern des Kohlen-

dioxyds und zeigt hübsche Wogen (Seiches), wenn man das große Einmacheglas neigt. (Rebenstorff, Z 24, 230, 1911.)

**S. 251 Nr. 484.** Knallbüchse. Fertige eine Röhre genau so wie die der Spritzbüchse (S. 413) an. Mache auch den Stößer ebenso, doch laß vorn den Kolben weg. Binde an die Mitte des Stiefels eine Schnur und befestige an ihrem freien Ende einen Kork. Stecke ihn oben fest in den Stiefel ein und schiebe in die untere Mündung einen losen Kork. Drücke nun den Stößer in den Stiefel. Der vordere Kork fliegt mit starkem Knall heraus. Dreh die Röhre um und knalle von neuem. Der lose Kork bleibt in der Röhre, bis er verbraucht ist. (Pallat, Der deutschen Jugend Handwerksbuch 98.)

**S. 274 Nr. 519\*\*.** Vgl. Rebenstorff, Z 14, 211; 1901. Z 25, 352; 1912. Z 27, 295; 1914. Sommerlad, Z 27, 295; 1914.

**S. 43 Nr. 72.** O. Praetorius, Selbstherstellbare Tauchkörper, Z 28, 201; 1915. — E. Magin, Ein einfacher Schwimmversuch, Z 28, 262; 1915.

**S. 159 Nr. 334.** M. Oettli, Eine selbst hergestellte Zentrifugalpumpe, Z 28, 95; 1915.

**S. 290 Nr. 547.** H. Rebenstorff, Die Mariottesche Flasche f. Abmessen größerer Gasmengen, Z. 28, 265; 1915.

**S. 303 Nr. 580.** F. Küspert, Z 28, 263; 1915.

**S. 334 Nr. 631.** F. Küspert, Z 28, 264; 1915.

**S. 343 Nr. 650.** F. Queißer, Ein Diffusionsversuch, Z 28, 202; 1915.

Versuche, die Lebenserscheinungen bei Tieren und Pflanzen behandeln, findet man auch in W. Schoenichen, Methodik und Technik des naturgeschichtlichen Unterrichts, Quelle und Meyer, Leipzig, 1914.

#### Druckfehler.

**S. 246 Nr. 474b** muß LN statt LC stehen.

**BIBLIOTEKA PROFESORSKA**  
 Żeńskiego Gimnazjum Suptackiego  
 w KRAKOWIE

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA**  
**KRAKÓW**

# Verzeichnis gleichbedeutender Namen von Chemikalien, Drogen usw.

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname)
<b>A.</b>		
Acetessigsäureäthylester. Aceton, Dimethylketon. Aluminiumchlorid.	Acetonum. Aluminium chloratum.	Azetessigester. Essiggeist. Salzsaure Tonerde, Chloraluminium. Tonerdehydrat.
Aluminiumhydroxyd.	Alumina hydrata, Aluminium oxydatum hydratum.	
Ammoniak, wäßriges	Liquor Ammonii caustici.	Ammoniakflüssigkeit, Salmiakgeist.
Ammoniumchlorid.	Ammonium chloratum.	Chlorammonium, Salmiak.
Ammoniumoxalat.	— oxalicum.	Kleesaures Salmiak, oxalsaures Ammon.
Ammoniumsulfat.	— sulfuricum.	Ammoniakvitriol, schwefelsaures Ammon.
Äthylalkohol. Äthyläther.	Alcohol absolutus. Aether.	Weingeist, Spiritus. Schwefeläther.
<b>B.</b>		
	Benzinum petrolei.	Benzin, Fleckwasser, Petroleumbenzin, Petroleumäther.
Benzol.	Benzolum.	Naphtha, Steinkohlenbenzin.
Bleichlorid. Bleinitrat.	Plumbum chloratum. — nitricum.	Chlorblei. Bleisalpeter, salpetersaures Blei.
Bleioxyd. Borsäure (Ortho-).	Lithargyrum. Acidum boricum.	Bleiglätte. Alchemistensalz, Stillsalz.
<b>C.</b>		
Calciumchlorid. (— und Calciumhypochlorit.) Calciumhydroxyd.	Calcium chloratum. Calcaria chlorata, Calcium hypochlorosum. Calcaria hydrica, Calcium oxydatum hydricum.	Chlorkalzium. Chlorkalk.
Calciumsulfat.	Calcium sulfuricum.	Gelöschter Kalk.
Campher.	Camphora Japonica. Carbo animalis (carnis). — ossium. — sanguinis. — tiliae (ligni).	Schwefelsaurer Kalk. (Gips) Japankampfer. Tierkohle. Knochenkohle. Blutkohle. Lindenkohle, Holzkohle.

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname).
Chloroform.	Chloroformium. Coccionella.	Cochenille. Beste Sorte: Zaccadilla-Cochenille.
	Colla piscium rassicum	Hausenblase, Fischleim.
	Collodium.	Kollodium.
	Collodiumwolle.	Kollodiumwolle, Pyroxylin
	Colophonium.	Kolophonium, Fiedelharz
Cuprioxyd.	Cuprum oxydatum.	Kupferoxyd.
Cuprisulfat.	— sulfuricum crystallatum.	Blauer Vitriol, Kupfer- vitriol, schwefelsaures Kupferoxyd.
<b>D.</b>		
Dimethylbenzol.	Xylolum.	Xylol.
<b>E.</b>		
Essigsäureisoamylester, Amylacetat, Isobutyl- carbinolacetat.	Amylium aceticum.	Birnenöl (alkoholische Lö- sung).
<b>F.</b>		
	Fel tauri.	Ochsengalle.
	Fel tauri depuratum sic- cum.	Gereinigte Ochsengalle.
Ferrichlorid.	Ferrum sesquichloratum.	Eisenchlorid.
Ferriferrocyanid.	Coeruleum Berolinense, Ferrum cyanatum inso- lubile.	Berliner Blau, Pariser Blau.
Ferrihydroxyd.	Ferrum oxydatum fuscum „hydricum“.	Eisenoxydhydrat.
Ferrosulfat.	— sulfuricum oxydula- tum.	Eisenvitriol, grüner Vitriol, schwefelsaures Eisenoxydul.
Ferrosulfid.	— sulfuratum.	Schwefeleisen.
	— pulveratum, Limatura ferri alcoholicisata.	Eisenpulver.
Fluorwasserstoffsäure.	Acidum hydrofluoricum.	Flußsäure.
<b>G.</b>		
Gärungsamylalkohol (Pri- märes Isobutylkarbinol, gemischt mit Sekundär- butylkarbinol).	Alcohol amylicus.	Fuselöl, Spiritusphlegma.
Gelatine.	Gelatina alba s. rubra. — japonica.	Gelatine Japanische Gelatine (aus Aggar-Aggar bereitet).
Glycerin.	Glycerinum.	Frostöl, Süßöl.
Graphit.	Graphites plumbago.	Wasserblei, Ofenschwärze, Reißblei.
	Gutta percha depurata.	Guttapercha.
<b>I.</b>		
Indigo.	Indigo, Indicum.	
—, natürlicher	Carminum coeruleum.	Indigokarmin.
Indigotinktur.	Solutio Indici.	
Jod.	Jodum resublimatum.	

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname).
<b>K.</b>		
Kaliumaluminiumsulfat.	Alumen kalicum.	Alaun, Kalialaun.
Kaliumcarbonat	Kalium carbonicum.	Pottasche, Aschensalz, Weinsteinsalz, kohlen- saureres Kali.
Kaliumchlorat.	— chloricum.	Chlorsaures Kali.
Kaliumchlorid.	— chloratum.	Chlorkalium.
Kaliumchromat.	— chromicum flavum.	Chromsaureres Kali.
Kaliumdichromat.	— bichromicum.	Doppeltchromsaureres Kali.
Kaliumferrocyanid.	Ferro-Kalium cyanatum, Kalium zooticum flavum.	Gelbes Blutlaugensalz, Kaliumeisenzyanür.
Kaliumhydroxyd.	Kalium hydricum s. causticum.	Ätzkali, Ätzendes Laugen- salz. Lösung in Wasser: Kalilauge.
Kaliumnitrat.	— nitricum.	Kalialsalpeter, salpeter- saureres Kali.
Kaliumpermanganat.	— permanganicum.	Übermangansaureres Kali.
Kanadabalsam,	Balsamum Canadense.	Kanadaterpentin.
Kobaltochlorid.	Cobaltum chloratum, Cobaltum hydrochlori- cum.	Kobaltchlorür, sympathe- tische Tinte.
Kobaltonitrat.	— nitricum.	Salpetersaures Kobaltoxy- dul.
Kohlendioxyd.		Kohlensäure.
Kohlenstoffdisulfid.	Alcohol sulfuris, Carbo- neum sulfuratum.	Schwefelkohlenstoff.
<b>L.</b>		
Lackmus.	Lacca musica, Lacca musci.	
	Lanolinum.	Lanolin, Wollfett.
	Lignum Campechianum.	Blauholz, Blutholz, Farb- holz.
	Ligroinum.	Nigroin, Petroläther, C-Naphta.
Lycopodium.	Lycopodium, Semen Ly- copodii.	Bärlappsamen, Hexen- mehl.
<b>M.</b>		
Magnesiumnitrat.	Magnesium nitricum.	Salpetersaure Magnesia, Bittererde.
Mercurioxyd.	Hydrargyrum oxydatum rubrum.	Rotes Quecksilberoxyd.
Mercurisulfid.	Cinnabaris, Hydrargyrum sulfuratum rubrum.	Zinnober, rotes Schwefel- quecksilber.
Methylalkohol.	Alcohol methylicus.	Holzgeist.
Methylbenzol.	Toluolum.	Toluol.
Mono- bis Hexamethyl- pararosaniline (Ge- menge).		Methylviolett 4 K (Ber- liner Anilinfabrik).
Monochloräthan.	Aether chloratus.	Äthylchlorid, Chloräthyl.
Monoxytrikarballylsäure	Acidum citricum.	Zitronensäure.

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname).
<b>N.</b>		
Naphtionsäureazodiphenylazonaphtionsäure (aus diazotiertem Benzidin und Naphtionsäure).		Kongorot.
Natriumacetat.	Natrium aceticum.	Essigsäures Natron.
Natriumcarbonat.	— carbonicum.	Kohlensäures Natron, Soda.
	— — siccum s. calcinatum.	Calcinierte Soda.
Natriumchlorid.	— chloratum.	Chlornatrium, Kochsalz.
Natriumchromat.	— chromicum.	Chromsäures Natron.
Natriumdicarbonat.	— bicarbonicum.	Doppelt kohlensäures Natron, Bullrichs Salz.
Natriumhydroxyd.	— hydricum s. causticum.	Ätznatron, Laugenstein, Seifenstein.
	Liquor Natrii caustici.	—, Lösung in Wasser: Natronlauge.
Natriumoleat.		Ölsäures Natron.
Natriumsilikat.	Natrium silicicum.	Kieselsäures Natron.
	Liquor Natrii silicii.	Natronwasserglas.
Natriumthiosulfat.	Natrium thiosulfuricum s. hyposulfurosum.	Natriumhyposulfit, unterschwefligsaures Natron
Nickelsulfat.	Niccolum sulfuricum.	Nickelvitriol, schwefelsäures Nickeloxydul.
Nitrobenzol.	Oleum Mirbani, Nitrobenzolum.	Künstliches Bittermandelöl, Mirbanöl.
p-Nitrobenzolazo- $\beta$ -naphthol.		Höchster Pigmentrot.
<b>O.</b>		
	Oleum Coreandri.	Korianderöl.
	— Lavandulae.	Lavendelöl.
	— Ricini.	Rizinusöl, Kastoröl, Treiböl.
	— Rosae.	Rosenöl.
	— Terebinthinae.	Terpentinöl, Terpentin-essenz.
Ölsäure.	Acidum oleinicum, — oleacum.	Oleinsäure, Elainsäure.
m-Oxytetraalkyldiaminotriphenylcarbinolsulfosaures Calcium.		Ketonblau.
<b>P.</b>		
	Paraffinum solidum.	Paraffin.
	— liquidum.	Paraffinöl, Vaselineöl.
Phenol.	Acidum carbolicum crystallisatum.	Benzophenol, kristallisierte Karbolsäure.
Phosphorpentoxyd.	Acidum phosphoricum anhydricum.	Phosphorsäure-Anhydrid.
<b>Q.</b>		
Quecksilber.	Hydrargyrum, Hydrargyrum metallicum.	

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname).
<b>R.</b>		
Resorcinphthalein Resorcinphthalein- natrium.	Radix Alkannae. Fluoresceinum.	Alkannawurzel. Fluoreszeïn, Schillerstoff. Fluoreszeïnnatrium, Ura- nin.
<b>S.</b>		
Salpetersäure, rauchende. —, reine. —, rohe. Salzsäure, reine.	Acidum nitricum fumans. } — — purum. } — — crudum. } — hydrochloratum purum. }	Scheidewasser.
—, rohe. Schwefelsäure, reine.	— — crudum. } — sulfuricum } purum. } — — crudum. } — — fumans. }	Rauchende Salzsäure. Englische Schwefelsäure, Vitriolöl.
—, rohe. — und Pyroschwefelsäure.		Rauchende oder Nord- häuser Schwefelsäure.
Silberchlorid. Silbernitrat.	Argentum chloratum. — nitricum.	Chlorsilber. Höllenstein, salpeter- saurer Silberoxyd.
Siliciumdioxyd.		Infusorienerde, Kiese- säureanhydrid, Kiese- gur.
Stearinsäure.	Acidum stearinicum, Stearinum album. Sulfur citrinum in baculis. — sublimatum.	Stearin (des Handels), Talgssäure. Stangenschwefel. Schwefelblumen.
<b>T.</b>		
p, p'-Tetraäthyldiamino- triphenylcarbinol- salze.	Talcum.	Talk. Brillantgrün.
Tetrabromfluorescein- natrium oder -kalium. Tetrachlormethan.	Carboneum tetrachlo- ratum.	Eosin, lösliches. Kohlenstofftetrachlorid, Tetrachlorkohlenstoff. Jodgrün.
Tetramethylrosanilin- jodidjodmethylat. Tetramethylthioninchlo- rid, Tetramethylamino- phenythiazimiumchlorid. o-Toluodin.	Toluodinum.	Methylenblau. Orthotoluidin. Fuchsin, Magenta, Rosanilinazetat.
Triaminotriphenylcarbi- nol-(Pararosanilin), Tri- aminotolyldiphenylcar- binol- (Rosanilin) hy- drochlorid oder -acet- tat. (Gemenge.)		
Trinitrophenol.	Acidum picricum, —piconitricum.	Pikrinsäure, Bittersäure.
Triphenylpararosanilin- chlorid und Triphenyl- rosanilinchlorid.		Anilinblau, Spritblau.

Wissenschaftlicher Name.	Lateinischer Name.	Volkstümlicher Name (Handelsname).
Triphenylrosanilin- und Triphenylpararosanilinsulfosaures Natrium.		Alkaliblau.
	<b>U.</b>	
	Unguentum Paraffini.	Vaseline, Paraffinsalbe.
	<b>W.</b>	
Wasser, destilliertes.	Aqua destillata.	Übergedampftes Wasser, Dampfwasser.
Weinsäure, Rechts — (d-Dioxybernsteinsäure.)	Acidum tartaricum.	Brausepulversäure.
	<b>Z.</b>	
Zinkferrocyanid. Zinksulfat.	Zincum ferrocyanatum. — sulfuricum.	Ferrozyanzink. Schwefelsaures Zinkoxyd, Zinkvitriol.



# Verzeichnis der abgekürzt angeführten Schriften.

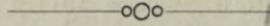
(Die Abkürzungen und Anführungen beziehen sich auf die Urbücher und nicht auf die Übersetzungen.)

- A Recueil d'expériences élémentaires de physique publié avec la collaboration de nombreux physiciens par Henri Abraham I. Travaux d'atelier. Géométrie et mécanique. Hydrostatique. Chaleur. II. Acoustique. Optique. Électricité et magnétisme. Paris, Gauthier-Villars, 1904. — Die deutsche Bearbeitung ist unter Sch Sp angeführt.
- A T Technik der Experimentalchemie. Von Prof. Dr. Rudolf Arendt. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss, 1892.
- B I Inductive Elementary Physical Science with Inexpensive Apparatus, and without Laboratory Equipment. By F. H. Bailey. Boston, D. C. Heath & Co., 1897.
- B L O Leitfaden der Physik. Von Prof. Heinrich Bohn. Oberstufe. 2. Aufl. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1913.
- B L U Leitfaden der Physik. Von Prof. Heinrich Bohn. Unterstufe. Ausgabe B. 2. Aufl. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1912.
- B S Simple Experiments for Science Teaching. By John A. Bower. Published under the Direction of the General Literature Committee. London, Society for Promoting Christian Knowledge, 1894.
- B S B Soap-Bubbles and the Forces which mould them. Being a Course of three Lectures Delivered in the Theatre of the London Institution on the Afternoons of Dec. 30, 1889, Jan. 1 and 3, 1890, before a Juvenile-Audience. By C. V. Boys. London, Society for Promoting Christian Knowledge, 1890. — Deutsche Übersetzung: Seifenblasen. Vorlesungen über Kapillarität von C. V. Boys. Autorisierte deutsche Übersetzung von Dr. G. Meyer. Leipzig, J. A. Barth, 1893.
- B Sch Physikalische Apparate und Versuche einfacher Art aus dem Schöffermuseum. Von H. Bohn. Berlin, O. Salle, 1902.
- C Kolumbus-Eier. Eine Sammlung unterhaltender und belehrender physikalischer Spielereien. Herausgegeben von der Redaktion des „Guten Kameraden“ (Illustrierte Knabenzeitung). 1. Bd., 3. Aufl. 2. Bd. Stuttgart, Berlin, Leipzig, Union, Deutsche Verlagsgesellschaft, o. J. — Beruht fast durchweg auf französischen Quellen.
- C E Easy Experiments in Physical Science. For Oral Instruction in Common Schools. By Le Roy C. Cooley, Professor of Natural Science in Vassar College. New York, American Book Company, o. J.

- Cy      Experimentalphysik. Leicht ausführbare Experimente ohne Apparate. Belehrende Unterhaltung im häuslichen Kreise. Von James Cary. Leipzig, Sigbert Schnurpfeil (1893).
- D      Physikalisches Spielbuch für die Jugend. Zugleich eine leichtfaßliche Anleitung zu selbständigem Experimentieren und fröhlichem Nachdenken. Von Dr. B. Donath. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1902.
- D A     The Art of Projecting. A Manual of Experimentation in Physics, Chemistry, and Natural History with the Porte Lumiere and Magic Lantern. By Prof. A. E. Dolbear. Boston, Lee and Shepard, 1892.
- F      Physikalische Freihandversuche. Unter Benutzung des Nachlasses von Prof. Dr. Bernhard Schwalbe zusammengestellt und bearbeitet von Hermann Hahn. I. T.: Nützliche Winke. Maß und Messen. Mechanik der festen Körper. III. T.: Licht. Berlin, Otto Salle, 1905 u. 1912.
- F C     The Chemical History of a Candle: A Course of Lectures Delivered before a Juvenile Audience at the Royal Institution. By Michael Faraday. Edited by William Crookes. New Ed. London, Chatto & Windus, 1886. — Deutsche Übersetzung: Michael Faraday, Naturgeschichte einer Kerze. Sechs Vorlesungen für die Jugend Herausgegeben von Richard Meyer. 2. Aufl. Berlin, R. Oppenheim, 1884.
- F F     On the Various Forces of Nature and their Relation to each other. A Course of Lectures. Delivered before a Juvenile Audience at the Royal Institution. By Michael Faraday. Edited by William Crookes. New Ed. London, Chatto & Windus, 1894. — Deutsche Übersetzung: Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehungen zueinander. Sechs Vorlesungen für die Jugend. von Michael Faraday. Übersetzt von Dr. H. Schröder. Berlin, R. Oppenheim, o. J.
- G      Practical Physics. Molecular Physics and Sound. By Frederick Guthrie. London, Longmans, Green and Co., 1897.
- H H     Handbuch für Physikalische Schülerübungen. Von Prof. Hermann Hahn. 2. Aufl. Berlin, J. Springer, 1913.
- H K     Karl Heumanns Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie. Von Prof. Dr. O. Kühling. 3. Aufl. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1904.
- Hs     Experimental Science. Elementary Practical and Experimental Physics. By George M. Hopkins. 14. Ed. New York, Munn & Co., 1893. — Deutsche Übersetzung: Der praktische Experimental-Physiker. Für weitere Kreise bearbeitet nach „Experimental Science“ von George M. Hopkins und herausgegeben unter Mitwirkung der Herren Prof. Weiler usw. von Dr. Martin Krieg. Magdeburg, A. & R. Faber, o. J.
- H W     Elements of Physics. By C. Hanford Henderson and John F. Woodhull. London, Hirschfeld Brothers, 1902.
- L F     Dr. J. Frick's Physikalische Technik. 7. Aufl., von Prof. Dr. Otto Lehmann. 1. Bd. 1. u. 2. Abt. 2. Bd. 1. u. 2. Abt. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1904, 1905, 1907 u. 1909.
- L N     La Nature. Revue des sciences. Paris, G. Masson.

- L R F. W. Lanchester, Aerodynamik, ein Gesamtwerk über das Fliegen. Aus dem Englischen übersetzt von C. u. A. Runge. 2 Bde. Leipzig, B. G. Teubner 1909 u. 1911.
- M O Grundriß der Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Von Prof. Dr. E. Mach und Prof. Dr. Joh. Odstrčil. Ausgabe für Gymn. Prag, F. Tempsky, 1887.
- M S Sound. By Alfred Marshall Mayer. London, Macmillan and Co., 1891.
- M T Technik des physikalischen Unterrichts nebst Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. F. C. G. Müller. Berlin, Otto Salle, 1906.
- P B Periodische Blätter. Herausgegeben von R. Neumann. I—V Znaim, 1894—98. VI ff Tetschen a. d. Elbe, Otto Henckel, 1900 ff. Eingegangen.
- P P Praktische Physik, Zeitschrift usw., herausgegeben von M. Krieg. I—V Berlin, Magdeburg, 1888—1892. Eingegangen.
- R Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre. Von Prof. Dr. Karl Rosenberg. 1. Bd. 3. Aufl. 2. Bd. 2. Aufl. Wien, A. Hölder, 1912 u. 1910.
- R P Physikalisches Experimentierbuch. Von Prof. H. Rebenstorff. 2 Teile. Leipzig, B. G. Teubner, 1911 u. 1912.
- Sch Deliciae physico-mathematicae oder mathematische und philosophische Erquickstunden. Von M. Daniel Schwenter. Nürnberg, 1636.
- Sch Sp Experimentierende Physik. Von Dr. K. Schreiber und Dr. P. Springmann. Zugleich vollständig umgearbeitete deutsche Ausgabe von Henri Abrahams *Recueil d'expériences élémentaires de physique*. 2 Bände. Leipzig, J. A. Barth, 1905 u. 1906.
- SI Home Experiments in Science for Old and Young. A Repertory of Simple Experiments with Home-made Apparatus. By T. O'Connor Sloane. London, Sampson Low, Marston, Searle and Rivington, 1888.
- T La physique sans appareils et la chimie sans laboratoire par Gaston Tissandier. Ouvrage couronné (1883) par l'Académie française. 7ième éd. Paris, G. Masson, s. a.
- T T La science amusante. Par Arthur Good (Tom Tit). I. sér. (28. éd.) II. sér. (18. éd.) III. sér. (13. éd.) Paris, Larousse, s. a (1. éd. I. sér. 1890, II. sér. 1892, III. sér. 1893.) — Deutsche Übersetzung der I. Reihe: Hundert Schnurrpfeifereien. Nach dem Französischen von Sophus Tromholt. 11. Aufl. Dresden und Wien. Verlag des Universums, o. J.
- V A Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen. Von Dr. Wilhelm Volkmann. Berlin, R. Mückenberger, 1912.
- W Manual of Home-Made Apparatus with Reference to Chemistry, Physics and Physiology. By John F. Woodhull, New York and Chicago, E. L. Kellogg & Co. (1895.)
- W A Physical Experiments. A Laboratory Manual. By John F. Woodhull and M. B. van Arsdale. London, Hirschfeld Brothers, 1902.

- W D    Physikalische Demonstrationen. Von Adolf F. Weinhold.  
4. Aufl. Leipzig, Quandt & Händel, 1905.
- W E    Physikalisches Experimentier- und Lese-Buch mit vielen  
Freihandversuchen. Von Prof. W. Weiler. Eßlingen und München,  
J. F. Schreiber (1902).
- W S    Simple Experiments for the School Room. By John F. Wood-  
hull. New York and Chicago, E. L. Kellogg & Co. (1889.)
- W V    Vorschule der Experimentalphysik. Naturlehre in elementarer  
Darstellung nebst Anleitung zum Experimentieren und zur Anfertigung  
der Apparate. Von Prof. Dr. A. F. Weinhold. 4. Aufl. Leipzig,  
Quandt & Händel, 1897.
- Z      Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unter-  
richt. Herausgegeben von F. Poske. Berlin, J. Springer, 1888 ff.
- Z F    Zeitschrift zur Förderung des physikalischen Unterrichts,  
I—III. Berlin, Lissner & Benecke, 1884—1886. Eingegangen.



# Sachverzeichnis.

	Seite		Seite
<b>A.</b>			
Abdruck . . . . .	10	Ausscheidung gelöster Gase aus Flüssigkeiten . . . . .	324
Ablagern . . . . .	62	Aussetzende Brunnen . . . . .	293
Absaugheber . . . . .	247	Austreibung von Gasen aus festen Körpern . . . . .	330
Abschiebestab . . . . .	374	Auswählende Löslichkeit . . . . .	148
Absteigende Quelle . . . . .	32	Auswaschung . . . . .	412
Abstoßung bewegter Körper in Flüssigkeiten . . . . .	179	Auzout, Doppelbarometer von — . . . . .	222
Adhäsion . . . . .	109	<b>B.</b>	
Aeolus . . . . .	357	Baileys Gefäß . . . . .	1
Aerodrom, Lanchesters, von 1894 . . . . .	393	—s Universalapparat . . . . .	1
Aerophyll . . . . .	386	—sche Vorrichtung, Handhabung der —n — . . . . .	4
Aeroplan mit Ballast . . . . .	373	Ball in der Seifenblase . . . . .	99
Ähnlichkeit von Wasser- und Luftdruck . . . . .	218	Ballon, der getreue — . . . . .	351
Alexanders Luftwirbler . . . . .	370	Banane, die sich schindende . . . . .	208
Aluminiumblech, schwimmendes . . . . .	402	Barometer . . . . .	231
Amerikanische Seifenlösung . . . . .	87	Bau der Flüssigkeiten . . . . .	56
Ammoniakgas, Darstellung des —es . . . . .	322	— — Gase . . . . .	320
Anatomischer Heber . . . . .	23	—, innerer — der Flüssigkeiten . . . . .	56
Anblaseheber . . . . .	242	— kleiner Flugzeuge . . . . .	397
Anhaftung . . . . .	109	— von Versuchsfliegern . . . . .	384
Ansaugung durch Dampfströme . . . . .	355	Baustoffe für Versuchsflieger . . . . .	384
— — Luftströme . . . . .	351	Belastung . . . . .	386, 389
— — Wasserströme . . . . .	356	Berta, dicke . . . . .	252
Ansell, Schlagwetteranzeiger . . . . .	335	Berührung von Flüssigkeiten mit festen Körpern und Flüssigkeiten . . . . .	109
Anziehung bewegter Körper in Flüssigkeiten . . . . .	179	Besenstiel-Briefwage . . . . .	43
Apfel, Entkernen eines —s . . . . .	208	Bestimmung der Dichte . . . . .	51
Aräometer . . . . .	54	— — Dichten von Flüssigkeiten mit U-Röhren . . . . .	33
Arbeitslampe . . . . .	290	Bewegung der Flüssigkeiten . . . . .	150
Archimedisches Gesetz . . . . .	35, 301	— — Gase . . . . .	344
Aristoteles, das Ei des — . . . . .	47	— fester Körper in der Luft . . . . .	367
Artesischer Brunnen . . . . .	31	— von Körpern, die teilweise in eine Flüssigkeit eintauchen . . . . .	129
Atmung . . . . .	288, 343	Blase aus Schusterpech . . . . .	61
Aufbrausen . . . . .	326	Blasrohr . . . . .	252
Aufdruck . . . . .	5	Blume, die sich öffnende und schließende . . . . .	102
Aufsprengen eines Gummischlanchs . . . . .	25	Blutkreislauf . . . . .	195
Aufsteigen zwischen geeigneten Platten . . . . .	117	Bodendruck . . . . .	14
— — gleichlaufenden Wänden . . . . .	117	Bodenöffnung, Ausfluß aus einer — . . . . .	150
Aufsteigende Quelle . . . . .	32	Briefwage, Besenstiel — . . . . .	43
Auftrieb . . . . .	308	Brüderliche Eintracht . . . . .	245
Ausatmen . . . . .	288	— Liebe . . . . .	245
Ausfließen . . . . .	150, 344	Brunnen, artesischer . . . . .	31
Ausfluß aus einer Bodenöffnung . . . . .	150		
— — — Seitenöffnung . . . . .	155		

	Seite		Seite
Brunnen, aussetzende . . . . .	293	Druckmesser von Schreiber . . . . .	271
Brusthöhle, Vergrößerung der — durch die Tätigkeit der Zwischen- rippenmuskeln . . . . .	288	Druckmessersätze . . . . .	275
Brustkasten . . . . .	288	Druckpumpe . . . . .	194
Bumerang . . . . .	390	Druckreglung eines Luftstroms . . . . .	361
<b>C.</b>		Druckübertragung durch Flüssig- keiten . . . . .	19
Charlière . . . . .	316	— — Gase . . . . .	283
Chemische Wappen . . . . .	121	Durchbohren einer Seifenblase . . . . .	99
Chlorwasserstoffgas, Darstellung des —es . . . . .	324	Durchdringung (freie Diffusion) 140, 331	
Clément und Desormes. Versuch von — — — . . . . .	347	Durchgang (Osmose) 142, 334, 404, 414	
<b>D.</b>		Durchlässigkeit des Plasma- schlauchs . . . . .	408
Daltonsches Gesetz . . . . .	333	Durchsickerung . . . . .	136
Dampfstrahlpumpe . . . . .	355	<b>E.</b>	
Dampfströme, Ansaugen durch —	355	Effloreszenzen . . . . .	122
Danaiden, Erlösung der — . . . . .	75	Ei, das schmiegsame . . . . .	208
— -Rache . . . . .	212	—, — springende — . . . . .	299
Darstellung des Ammoniakgases — — Chlorwasserstoffgases . . . . .	322	— des Aristoteles . . . . .	47
Dasymeter, Modell zur Erläuterung des —s . . . . .	308	—, Entleeren eines —es . . . . .	261
Dendriten, künstliche . . . . .	121	Eigenschaften der Flüssigkeiten . . . . .	56
Desormes und Clément, Versuch von — — — . . . . .	347	— — Gase . . . . .	320
Deutsches Reich, Schwerpunkt des —n —s . . . . .	131	Einatmen . . . . .	288
Dialyse . . . . .	149	Eindringen des Wassers in den Erdboden . . . . .	122
Dichte, Bestimmung der — . . . . .	51	Eindringung . . . . .	136
—, — — —n von Flüssigkeiten mit U-Röhren . . . . .	33	Einigkeit macht stark . . . . .	72
—, — — — von Flüssigkeiten nach James Watt . . . . .	287	Eintauchverfahren . . . . .	33
— der Gase . . . . .	301	Eintracht, Brüderliche . . . . .	245
— des Eises . . . . .	401	Eis, Dichte des —es . . . . .	401
—, Zusammenhang zwischen Span- nung, Raum und — der Luft . . . . .	261	Elementarwelt . . . . .	139
Dichtung . . . . .	4	Elemente, vier . . . . .	140
Dichtungen und Verbindungen . . . . .	201	Entkernen eines Apfels . . . . .	208
Dicke Berta . . . . .	252	Entleeren eines Eies . . . . .	261
Diffusion, freie . . . . .	140, 331	Erdfeuer . . . . .	306
Diffusionshülsen . . . . .	406	Erlösung der Danaiden . . . . .	75
Dilatanz . . . . .	209	Erosion . . . . .	412
Doppelbarometer . . . . .	238	Essig und Öl . . . . .	139
— von Auzout . . . . .	222	Eustachische Röhre . . . . .	258
Drache . . . . .	370	Expérience du vuide dans le vuide . . . . .	222
Druck der Wasserleitung . . . . .	274	<b>F.</b>	
—, Fläche gleichen —s . . . . .	7	Fahrradpumpe . . . . .	200
Druckerzeugung in Tauchern . . . . .	279	Fallschirm . . . . .	367
Druckmesser . . . . .	268	Fallschraube . . . . .	391
— von F. C. G. Müller . . . . .	270, 272	Faraday, Versuch von — . . . . .	347
—, Gefäß—, geschlossene . . . . .	274	Färben . . . . .	121
—, — — — offene . . . . .	269	Fenster, das romanische . . . . .	93
—, Heber—, geschlossene . . . . .	274	Feste Häute auf Flüssigkeiten . . . . .	73
—, — — —, offene . . . . .	270	Feste Körper, Austreibung von Gasen aus —n —n . . . . .	330
— von Grimsehl . . . . .	271, 273	— —, Bewegung —r — in der Luft . . . . .	367
— — Holtz . . . . .	273	— —, Verdichtung von Gasen durch — — . . . . .	327
		Feuerberg im Weißbiereglas . . . . .	138
		Feuerbrunnen . . . . .	306

	Seite		Seite
Filterheber, selbsttätige . . . . .	247	Gase, Verdichtung von —n durch feste Körper . . . . .	327
Fisch, der gelehrige — . . . . .	282	—, Versuche mit verdichteten — n . . . . .	298
Fläche gleichen Drucks . . . . .	7	—, Wucht strömender — . . . . .	397
Flasche, die gierige . . . . .	246	Gasdiffusion . . . . .	404
—, die weintrinkende — . . . . .	138	Gasdruck, Messung des —s . . . . .	270
—, Mariottische . . . . .	290, 414	Gasheber . . . . .	240
— und Teller . . . . .	206	Gasrad . . . . .	399
Fleckenreinigung . . . . .	82	Gaswagen . . . . .	303
Fliegende Münze . . . . .	299	Gebläse . . . . .	359
— Schmetterlinge . . . . .	398	Gefäß, Baileys . . . . .	1
Flieger, japanischer . . . . .	391	Gefäßbarometer . . . . .	232
— von Hele Shaw . . . . .	376	Gefäßdruckmesser, geschlossene . . . . .	274
— — Penaud . . . . .	393	—, offene . . . . .	269
— — Pline . . . . .	375	Gefäße, Flüssigkeiten in engen —n . . . . .	110
— — Weiß . . . . .	375	—, Stevinsche — . . . . .	14
Flossen . . . . .	381	—, verbundene . . . . .	29
Flossengerüst . . . . .	388	Geflügeltränke . . . . .	289
Flugbahn . . . . .	374, 390	Gehenkte, der — . . . . .	253
Flugschrauben . . . . .	391, 392	Geigenharzhaut-Mischung . . . . .	90
Flugzeug, Bau kleiner —e . . . . .	397	Gelehriger Fisch . . . . .	282
Flüsse . . . . .	410	Geeignete Platten, Aufsteigen zwischen —n — . . . . .	117
Flüssigkeiten, Ausscheidung gelöster Gase aus — . . . . .	324	Geschwindigkeit, kritische . . . . .	374
—, Bau der — . . . . .	56	—, natürliche . . . . .	374
—, Berührung von — mit festen Körpern und Flüssigkeiten . . . . .	109	Gesetz, Archimedisches — . . . . .	35, 301
—, Bewegung der — . . . . .	150	—, Daltonsches — . . . . .	333
—, Druckübertragung durch — . . . . .	19	Gestalt des Strahls . . . . .	153
—, Eigenschaften der — . . . . .	56	Gesteinsfärbungen . . . . .	121
—, feste Häute auf — . . . . .	73	Gewicht der Luft . . . . .	181
—, Gleichgewicht der — . . . . .	1	Gewichtssenkwege . . . . .	54
—, in engen Gefäßen . . . . .	110	Gierige Flasche . . . . .	246
—, innerer Bau der — . . . . .	56	Giftheber . . . . .	244
—, Löslichkeit der Gase in — . . . . .	320	Glas, das anhängliche . . . . .	207
Französischer Heber . . . . .	240	—, das tanzlustige — . . . . .	40
Fraterna caritas . . . . .	245	— und Teller . . . . .	206
Freie Diffusion . . . . .	140, 331	— Wasser, das heimtückische — . . . . .	328
—, Oberfläche . . . . .	5	Glasflasche, Zersprengen einer — . . . . .	25
Freihandel . . . . .	138	Glasluftpumpe . . . . .	199
Füllen der Heber . . . . .	232	Gleichgewicht der Flüssigkeiten. — — Gase . . . . .	180
— — Trichterröhre . . . . .	406	Gleitbahn, natürliche . . . . .	374
Füllfeder Robinsons . . . . .	118	Gleitflieger . . . . .	372
Füllheber, Rebenstoffs . . . . .	241	Gleitflieger, erster von Lanchester . . . . .	381
		—, neue —, von Lanchester . . . . .	382
		Gleitplatte, belastete, von Lanchester . . . . .	373
		Gleitwinkel, natürlicher . . . . .	374
		Glockenheber . . . . .	248
		Glühlampe als Luftwage . . . . .	215
		Gummihauthülle . . . . .	315
		Gummischlauch, Aufsprengen eines —s . . . . .	25
		<b>H.</b>	
		Haarheber . . . . .	123
		Haarnadel-Wasserrad . . . . .	118
		Haarröhrchen . . . . .	113
		Hahnmodelle . . . . .	199
		Hampelmänner, lebende . . . . .	127
Gase . . . . .	180		
— Ausscheidung gelöster — aus Flüssigkeiten . . . . .	324		
— Austreibung von —n aus festen Körpern . . . . .	330		
—, Bau der — . . . . .	320		
—, Bewegung der — . . . . .	344		
—, das Trocknen von — n . . . . .	328		
—, Dichte der — . . . . .	301		
—, Druckübertragung durch — . . . . .	283		
—, Eigenschaften der — . . . . .	320		
—, Gleichgewicht der — . . . . .	180		
—, Kennzeichen der — . . . . .	180		
—, Löslichkeit der — . . . . .	320		
—, — — in Flüssigkeiten . . . . .	320		
—, Mischung der — . . . . .	331		

	Seite		Seite
Handhabung der Baileyschen Vorrichtung . . . . .	4		
Hauchbilder . . . . .	327	<b>K.</b>	
Haut, halbdurchlässige, Her- stellung einer — n — . . . . .	147	Kampferboot . . . . .	84
Häute, feste — auf Flüssig- keiten . . . . .	73	Kampferkreb8 . . . . .	84
Heben versunkener Schiffe . . . . .	280	Kanalwage . . . . .	31
Heber, anatomischer . . . . .	23	Kanne, die hinabsinkende — . . . . .	260
—, dreischenklicher . . . . .	243	Kapillarbarometer Meldes . . . . .	266
—, Französischer — . . . . .	240	Kapselheber . . . . .	248
—, Füllen der — . . . . .	232	Kartesianische Taucher . . . . .	275
—, gleichschenklige . . . . .	233	Kellermagd, Weigels — . . . . .	295
—, Hauptstellungen des — s . . . . .	234	Kennzeichen der Gase . . . . .	180
—, Herons schwimmender — . . . . .	233	Klappenheber . . . . .	242
—, Herstellung der — . . . . .	232	Knallbüchse . . . . .	414
—, mit Quecksilberansauger . . . . .	243	Kohäsion . . . . .	58
—, — ungleich weiten Schenkeln . . . . .	233	Kolben, Papinscher . . . . .	200
—, Neugebauers selbstlaufen- der. — . . . . .	234	Kollodiumballons, Herstellung von — . . . . .	314
—, Rebenstorfs selbstlaufen- der — . . . . .	234	Kollodiumhaut-Mischung . . . . .	90
—, Selbstlaufender — . . . . .	232	Kolloide . . . . .	148, 410
—, selbsttätiger . . . . .	244	Kork, der störrige — . . . . .	299
—, seltsame . . . . .	246	Körper, Anziehung und Ab- stoßung bewegter — in Flüssig- keiten . . . . .	179
—, ungleichschenklige . . . . .	233	— Bewegung von — n, die teilweise in eine Flüssigkeit eintauchen . . . . .	129
—, unterbrochener . . . . .	291	—, leimliche . . . . .	148, 410
—, Weinholds selbstlaufender — . . . . .	234	Krebsheber . . . . .	123
—, Württembergischer — . . . . .	240	Kreiselrad, Miesmuschel — . . . . .	176
Heberbarometer . . . . .	231	Kritische Geschwindigkeit . . . . .	374
Heberdruckmesser, geschlossene . . . . .	274	Kronleuchter aus Seifenblasen . . . . .	98
—, offene . . . . .	270	Kugeln, tanzende . . . . .	397
Heberrad . . . . .	173	Künstliche Dendriten . . . . .	121
Heberspringbrunnen . . . . .	246	— Zelle . . . . .	408
Hele Shaw, Flieger von — — . . . . .	376	Künstlicher Saftdruck . . . . .	405
Heronball . . . . .	253	— Schmetterling . . . . .	395
—, Herstellung des — s . . . . .	253		
—, im luftverdünnten Raum . . . . .	256	<b>L.</b>	
—, umgekehrter . . . . .	255	Lackmüslösung . . . . .	135
Heronbrunnen . . . . .	294, 297	Lampenglas, das emporstrebende— . . . . .	260
Herstellung der Heber . . . . .	232	—, — rauchende — . . . . .	287
— der U-Röhren . . . . .	33	Lanchester, neue Gleitflieger von . . . . .	382
— des Heronsballs . . . . .	253	Lanchesters belastete Gleitplatte . . . . .	373
— einer halbdurchlässigen Haut . . . . .	147	— erster Gleitflieger . . . . .	381
— eines gleichbleibenden Wasser- standes . . . . .	150	— Schraubenflieger von 1894 . . . . .	393
— — gleichmäßigen Wasser- zuflusses . . . . .	64	Lebende Hampelmänner . . . . .	127
— von Kollodiumballons . . . . .	314	Leimliche Körper . . . . .	148, 410
— — Pergamentpapier . . . . .	143	Leuchter, Wasser — . . . . .	43
Hohle Quecksilberkugeln . . . . .	108	Liebe, brüderliche . . . . .	245
Horror vacui . . . . .	195	Löslichkeit, auswählende . . . . .	148
Hydrostatisches Paradoxon . . . . .	14	— der Gase . . . . .	320
		— — — in Flüssigkeiten . . . . .	320
		Lösung . . . . .	132
<b>I.</b>		Luft, Bewegung fester Körper in der — . . . . .	367
Japanischer Flieger . . . . .	391	—, Gewicht der — . . . . .	181
Impfstift . . . . .	402	—, Schweben kleiner Teilchen in der — . . . . .	368
Innendruck . . . . .	5, 12	—, Spannung der — . . . . .	251
Innerer Bau der Flüssigkeiten . . . . .	56	—, Wagflächen der — . . . . .	223
		—, Zusammenhang zwischen Spannung, Raum und Dichte der — . . . . .	261

	Seite
Luftballon . . . . .	313
Luftdruck . . . . .	189
—, Abnahme des —s mit zunehmender Höhe . . . . .	223
—, Ähnlichkeit von Wasserdruck und — . . . . .	218
—, einseitige Verminderung des —s . . . . .	202
—, Größe des —s an der Erdoberfläche . . . . .	210
— -Springbrunnen . . . . .	255
Luftmühle . . . . .	368
Luftpumpe . . . . .	199
Luftschraube . . . . .	395
Luftstrom, Druckreglung eines —s . . . . .	361
Luftströme, Ansaugen durch — . . . . .	351
Luftverdünnung, Vorrichtung zur — . . . . .	200
Luftwaage, Glühlampe als — . . . . .	215
Luftwiderstand . . . . .	367
Luftwirbler Alexanders . . . . .	370
Lungenprüfer . . . . .	274

**M.**

Magenpumpe . . . . .	251
Mammutpumpe . . . . .	301
Mariottische Flasche . . . . .	290, 414
Meldes Kapillarbarometer . . . . .	266
Merget, Versuch von — . . . . .	342
Messung des Gasdrucks . . . . .	270
Miesmuschel-Kreiselrad . . . . .	176
Mischung . . . . .	136
— der Gase . . . . .	331
—, Geigenharzhaut — . . . . .	90
—, Kollodiumhaut — . . . . .	90
Mittel, Widerstand des — s . . . . .	177, 367
Mittelrippe . . . . .	388
Modell zur Erläuterung des Dasy-meters . . . . .	308
Mohrrübenversuch . . . . .	408
Montgolfière . . . . .	313
Münze, die fliegende — . . . . .	299
—, die springende — . . . . .	299
Münzumwälzung . . . . .	398

**N.**

Nachträge . . . . .	400
Nachweis der Savartschen Bäuche — der Spannung . . . . .	154 251
Nadeln, schwimmende . . . . .	73
Nagel, der — in der Flasche . . . . .	214
Natürliche Geschwindigkeit — Gleitbahn . . . . .	374 374
Natürlicher Gleitwinkel . . . . .	374
Nichtschwimmer . . . . .	48
Nixe, die weissagende . . . . .	328
Nußrad . . . . .	175

**O.**

Oberfläche, freie . . . . .	5
Oberflächenspannung . . . . .	64, 71

	Seite
Öl und Essig . . . . .	139
Ölsardine, die schwimmende . . . . .	83
Osmose (Durchgang) 142, 334, 404, 414	414

**P.**

Pakaraman . . . . .	306
Papinscher Kolben . . . . .	200
Paradoxon, hydrostatisches — . . . . .	14
Pascals Versuche über das Vacuum im Vacuum . . . . .	222
Pecquet, Versuch von — . . . . .	225
Penaud, Flieger von — . . . . .	393
Pendel, das verwegene . . . . .	206
Pergamentpapier, Herstellung von — . . . . .	143
Petroleumheber unter Wasser . . . . .	239
Pfeil . . . . .	378
Phygoide . . . . .	390
Plasmaschlauch, Durchlässigkeit des —s . . . . .	408
Plateaus Seifenlösung . . . . .	87
— Versuche . . . . .	68
Platten, Aufsteigen zwischen geneigten — . . . . .	117
Pline, Flieger von — . . . . .	375
Pumpe von Wetzels . . . . .	359

**Q.**

Quecksilberblasen . . . . .	402
Quecksilberhäutchen . . . . .	94
Quecksilberkugeln, hohle . . . . .	108
Quecksilberluftpumpe . . . . .	361
Quecksilberregen . . . . .	209
Quecksilberschaum . . . . .	108
Quecksilber-Springbrunnen . . . . .	163
Quelle, absteigende . . . . .	32
—, aufsteigende . . . . .	32
Quellen, aussetzende . . . . .	249
Quellenbildung . . . . .	31
Quellwasser . . . . .	32
Querdruck . . . . .	11

**R.**

Rauchen und Saugen . . . . .	287
Rauchendes Lampenglas . . . . .	287
Raum, Zusammenhang zwischen Spannung, — und Dichte der Luft . . . . .	261
Rebenstoffs Füllheber . . . . .	241
Reichsfarben . . . . .	139
Rennende Seifenhäutchen . . . . .	94
Rezipient . . . . .	201
Ringe für Seifenblasen . . . . .	90
Robinsons Füllfeder . . . . .	118
Röhre, eustachische . . . . .	258
Rohrpost . . . . .	300
Romanisches Fenster . . . . .	93
Rückstoß . . . . .	167
Rückstoßer . . . . .	348
Rückstoßrädchen . . . . .	348
Russische Rutschbahn . . . . .	66

	Seite		Seite
<b>S.</b>			
Saftdruck, künstlicher . . . . .	405	Seitenöffnung, Ausfluß aus einer —	155
Sagenien, Schimpers . . . . .	77	Selbstlaufender Heber . . . . .	232
Salsen . . . . .	306	Senkwage . . . . .	54, 116
Salzausblühungen . . . . .	122	— mit Teilung . . . . .	54
Sanduhr . . . . .	56	Sieden, scheinbares, von kaltem	
Saugen und Rauchen . . . . .	287	Wasser . . . . .	213
Saugleder . . . . .	204	Silikatvegetationen . . . . .	410
Saugpumpe . . . . .	190	Siphon . . . . .	299
Saugwirkung . . . . .	159	Sonderung gekörnter Stoffe . . . . .	178
Savartsche Bäuche, Nachweis		Spannung der Luft . . . . .	251
der — n — . . . . .	154	—, Nachweis der — . . . . .	251
Schaumweintefel . . . . .	326	—, Zusammenhang zwischen —,	
Schichtung . . . . .	137	Raum und Dichte der Luft . . . . .	261
Schiffe, Heben versunkener — . . . . .	280	Spirale, die sich drehende — . . . . .	83
Schießpulver, Wirkung des —s . . . . .	301	Springbrunnen . . . . .	161
Schimpers Sagenien . . . . .	77	— mit Quecksilber . . . . .	163
— Zonomatik . . . . .	129	— Luftdruck — . . . . .	255
Schlagwetteranzeiger von Ansell	335	Springende Münze . . . . .	299
— — Schwalbe . . . . .	340	Springendes Ei . . . . .	299
Schlammhügel . . . . .	306	Spritzbüchse . . . . .	413
Schlammvulkane . . . . .	306	Spritze . . . . .	189
Schleuder . . . . .	382	Spritzflasche . . . . .	254
Schmetterling, der künstliche — . . . . .	395	Spule, die sich drehende . . . . .	83
Schmetterlinge, fliegende — . . . . .	398	Stechheber . . . . .	285
Schneckenrad . . . . .	175	Steuerungsverfahren . . . . .	389
Schraubenflieger . . . . .	393	Stevinsche Gefäße . . . . .	14
— Lanchesters — von 1894 . . . . .	393	Stoffe, Sonderung gekörnter — . . . . .	178
Schusterpech, Blase aus — . . . . .	61	Störriger Kork . . . . .	299
Schwalbe, Schlagwetteranzeiger		Stoßheber . . . . .	164
von — . . . . .	340	Strahl, Gestalt des —s . . . . .	153
Schwammtränke . . . . .	289	Streichholz, das geknickte — . . . . .	126
Schwankungsmesser . . . . .	226	Streichhölzer, die naschhaften . . . . .	83
Schwanzblatt . . . . .	381, 388	Streichholzwunder . . . . .	127
Schweben . . . . .	62	Strömen . . . . .	158, 349
Schweben kleiner Teilchen in der		Strömende Gase, Wucht —r — . . . . .	397
Luft . . . . .	368	Stulpendichtung . . . . .	189
Schwerpunkt des Deutschen Reichs	131	Sturzflasche . . . . .	289
Schwimmen . . . . .	42, 414	<b>T.</b>	
Schwimmende Nadeln . . . . .	73	Tantalusbecher . . . . .	248
— Ölsardine . . . . .	83	Tanzende Kugeln . . . . .	397
Schwimmender Zucker . . . . .	51	Tänzer . . . . .	131
Schwimmendes Aluminiumblech . . . . .	402	—, die unermüdlichen . . . . .	85
Schwimmer . . . . .	77	Taube . . . . .	376
Schwimmflasche . . . . .	401	Tauchende Walnuß . . . . .	281
Seefisch, der — . . . . .	47	Taucher, Druckerzeugung in —n	279
Segners Wasserrad . . . . .	169	—, Füllung der im Handel vor-	
Seiches . . . . .	414	kommenden — . . . . .	275
Seifenblase, Durchbohren einer — . . . . .	99	—, Herstellung von —n . . . . .	276
—, Ball in der — . . . . .	99	—, Kartesianische — . . . . .	275
Seifenblasen . . . . .	97, 310	—, selbsttätiger . . . . .	282
—, Kronleuchter aus — . . . . .	98	Taucherglocke . . . . .	180
—, Ringe für — . . . . .	90	Tauchkörper . . . . .	414
Seifenhäutchen . . . . .	86	Tauchröhren . . . . .	277
—, rennende . . . . .	94	Teilchen, Zusammenhalt der — . . . . .	58
Seifenlösung, amerikanische . . . . .	87	Teller und Flasche . . . . .	206
—, Plateaus . . . . .	87	Teller und Glas . . . . .	206
—, Terquems . . . . .	88	Terquems Seifenlösung . . . . .	88
Seifenlösungen . . . . .	86	Tiefenmesser . . . . .	283
Seitendruck . . . . .	28	Torricelli, Versuch von — . . . . .	216
		Tragfläche . . . . .	381, 386

Trichterröhre, Füllen der — . . . . .	Seite 406	—, Verwandlung von Wein in — . . . . .	Seite 295
Trieb sand . . . . .	32	—, Wucht des —s . . . . .	161
Trocknen, das — von Gasen . . . . .	328	—, Zusammendrückbarkeit des —s . . . . .	62
Tropfenbildung . . . . .	64	Wasserbarometer, das falsche . . . . .	269
Turgor . . . . .	405	Wasserdruck, Ähnlichkeit von — und Luftdruck . . . . .	218
<b>U.</b>			
Umfüller . . . . .	350	Wasserfilter . . . . .	136
Universalapparat, Baileys — . . . . .	1	Wasserkarussell . . . . .	171
Unterbrochener Heber . . . . .	291	Wasserleitung . . . . .	246
U-Röhren, Bestimmung der Dichten von Flüssigkeiten mit — . . . . .	33	—, Druck der — . . . . .	274
<b>V.</b>			
Verbindungen und Dichtungen . . . . .	201	Wasserluftpumpe . . . . .	356, 357
Verbundene Gefäße . . . . .	29	Wasserpumpen . . . . .	189, 414
Verdichtete Gase, Versuche mit —n —n . . . . .	298	Wasserpunkt . . . . .	55
Verdichtung von Gasen durch feste Körper . . . . .	327	Wasserrad, Haarnadel — . . . . .	118
Verdichtungspumpe . . . . .	298	—, Segners . . . . .	169
Verkehrtschwimmer . . . . .	213	Wasserräder . . . . .	174
Verminderung, einseitige, des Luftdrucks . . . . .	202	Wasserstand, Herstellung eines gleichbleibenden —es . . . . .	150
Versuch Pascals über das Vacuum im Vacuum . . . . .	222	Wasserströme, Ansaugen durch — . . . . .	356
— von Clément und Desormes . . . . .	347	Wasserzufluß, Herstellung eines gleichmäßigen —es . . . . .	64
— — Faraday . . . . .	347	Weigels Kellermagd . . . . .	295
— — Merget . . . . .	342	Wein, Verwandlung von — in Wasser . . . . .	295
— — Pecquet . . . . .	255	Weinborn . . . . .	296
— — Torricelli . . . . .	216	Weintränen . . . . .	80
Versuche, durch Oberflächenspan- nung erklärbar — . . . . .	71	Weiß, Flieger von — . . . . .	375
— mit verdichteten Gasen . . . . .	298	Weißbiertglas, Feuerberg im — . . . . .	138
—, Plateaus . . . . .	68	Wetzel, Pumpe von — . . . . .	359
Versuchsfieger, Bau von —n . . . . .	384	Widerstand des Mittels . . . . .	177, 367
—, Baustoffe für — . . . . .	384	Winddruck . . . . .	400
Versuchsverfahren bei Gleitflie- gern . . . . .	390	Windkessel . . . . .	254
Verwandlung von Wein in Wasser . . . . .	295	Windmesser . . . . .	400
Vier Elemente . . . . .	140	Windmühle . . . . .	91, 399
Vorlage . . . . .	201	Windrad . . . . .	398
Vorrichtungen zur Luftverdün- nung . . . . .	200	Wirbelbewegungen . . . . .	159, 362
Vuide, expérience du — dans le vuide . . . . .	222	Wirkung des Schießpulvers . . . . .	301
<b>W.</b>			
Wage, die schwimmende — . . . . .	304	Wucht des Wassers . . . . .	161
Wagflächen der Luft . . . . .	223	— strömender Gase . . . . .	397
Walnuß, tauchende . . . . .	281	Württembergischer Heber . . . . .	240
Wappen, chemische . . . . .	121	<b>Z.</b>	
Wasser, Eindringen des —s in den Erdboden . . . . .	122	Zähigkeit . . . . .	60
Wasser- Leuchter . . . . .	43	Zelle, künstliche . . . . .	409
		Zentrifugalpumpe . . . . .	414
		Zersprengen einer Glasflasche . . . . .	25
		Zerstäuber . . . . .	354
		Zonomatik, Schimpers . . . . .	129
		Zucker, Schwimmender . . . . .	51
		Zusammendrückbarkeit des Was- sers . . . . .	62
		Zusammenhalt der Theilchen . . . . .	58
		Zwischenrippenmuskeln, Ver- größerung der Brusthöhle durch die Tätigkeit der — . . . . .	288

- Bohn:** **Physikalische Apparate und Versuche** einfacher Art aus dem Schöffermuseum. Von Oberl. H. Bohn in Berlin. Mit 216 Abbild. im Text. 2 M.
- Müller:** **Technik des physikalischen Unterrichts** nebst Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg. Mit 261 Abbild. 6 M., geb. 7 M.

## Bei Einführung neuer Lehrbücher

seien der Beachtung der Herren Fachlehrer empfohlen:

### 1. Für höhere Knabenschulen:

#### Physik.

- Heussi:** **Leitfaden der Physik.** 17. verbess. Aufl. Mit 223 in den Text gedruckten Holzschnitten. Neu bearbeitet von Dr. E. Götting. 1 M. 50 Pf., geb. 1 M. 80 Pf. Mit Anhang „Elemente der Chemie“. 1 M. 80 Pf., geb. 2 M. 10 Pf.
- **Lehrbuch der Physik** für Gymnasien, Realschulen und andere höhere Bildungsanstalten. 7. verbess. Aufl. Mit 487 Holzschnitten. Bearbeitet von Prof. Dr. Götting. 5 M., geb. 5 M. 50 Pf.

#### Arithmetik.

### Fenkner: **Arithmetische Aufgaben.**

Ein Lehr- und Übungsbuch der Mathematik. Unter besonderer Berücksichtigung von Anwendungen aus dem Gebiete der Geometrie, Physik und Chemie. Von Prof. Dr. Hugo Fenkner. Ausgabe A (für Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen): Teil I (Pensum der U III, O III, U II). 7. verbess. Auflage. 2 M. 20 Pf. — Teil IIa Oberstufe für Gymnasien (Pensum der O II und I). 5. verb. Aufl. 3 M. — Teil IIb Oberstufe für Realgymnasien und Oberrealschulen. 1. Hälfte (Pensum der O II). 4. verb. Aufl. 1 M. 60 Pf. — 2. Hälfte (Pensum der I). 3. Aufl. 2 M. 60 Pf. — Ausgabe B (für Mittelschulen) 5. verbess. Aufl. 1 M. 65 Pf.; mit Anhang für gewerbh. Fachschulen 1 M. 85 Pf. — Ausgabe C (für den Anfangsunterricht an mittleren Lehranstalten). 2. Aufl. 1 M. 10 Pf.

#### Geometrie.

- Fenkner:** **Lehrbuch der Geometrie** für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Prof. Dr. Hugo Fenkner in Braunschweig. Mit einem Vorwort von Dr. W. Krumme, weill. Direktor der Oberrealschule in Braunschweig. — Ausgabe A (für Gymnasien, Realgymnasien und Oberrealschulen): 1. Teil: Ebene Geometrie. 6. Aufl. 2 M. 20 Pf.; 2. Teil: Raumgeometrie. 4. Aufl. 1 M. 80 Pf.; 3. Teil: Ebene und sphärische Trigonometrie. 2. Aufl. 2 M.; 4. Teil: Analyt. Geometrie 2 M. 40 Pf.; 5. Teil: Darstell. Geometrie. — Ausgabe B (für Realschulen): 1. Teil: Ebene Geometrie. 2 M.; 2. Teil: Raumgeometrie und Trigonometrie. 1 M. 40.

### 2. Für Höhere Mädchenschulen, Lyzeen, Oberlyzeen und Studienanstalten:

- Kleffner u. Fock:** **Physik und Chemie** für Lyzeen und Höhere Mädchenschulen, sowie für den Anfangsunterricht in Studienanstalten. Von E. Kleffner, Direktor des Lyzeums-West in Elberfeld und Dr. E. Fock, Oberlehrer an der Auguste-Viktoria-Schule in Liegnitz. In 3 Heften, Kart. je 1 M. 50 Pf.

- Fock:** **Leitfaden der Physik** für Oberlyzeen u. verwandte Anstalten. Von Oberl. Dr. E. Fock (Oberlyzeum Liegnitz). Mit 459 Abbild. Geb. 4 M. 40 Pf.

- Hessenbruch:** **Rechenbuch** für Lyzeen und Höhere Mädchenschulen. Von C. E. Hessenbruch, Oberlehrer am Lyzeum in Remscheid. In 6 Heften. 2. verbess. Aufl. Heft 1: 35 Pf. — Heft 2: 50 Pf. — Heft 3: 60 Pf. — Heft 4: 70 Pf. — Heft 5: 80 Pf. — Heft 6: 1 M. 10 Pf.

- Fenkner u. Hessenbruch:** **Lehr- und Übungsbuch der Mathematik für Lyzeen und Höhere Mädchenschulen.** Von Prof. Dr. H. Fenkner in Braunschweig und Oberlehrer C. E. Hessenbruch in Remscheid. In 2 Teilen. Teil I (Klasse IV und III): 4. Aufl. 1 M. 80 Pf. — Teil II (Klasse II und I): 2. Aufl. 1 M. 80 Pf.

- Fenkner u. Wagner:** **Lehr- und Übungsbuch der Mathematik für Oberlyzeen.** Von Prof. Dr. H. Fenkner in Braunschweig und Oberl. Dr. H. Wagner in Magdeburg. In 2 Teilen. Teil I (Klasse III und II): 2. Aufl.: 2 M. 80 Pf. — Teil II (Klasse I und P): 2 M. 20 Pf.

- Fenkner u. Wagner:** **Lehr- und Übungsbuch der Mathematik für Studienanstalten.** Von Prof. Dr. H. Fenkner in Braunschweig und Oberl. Dr. H. Wagner in Magdeburg. In 2 Teilen. Teil I (Klasse IV u. III): 3 M. 60 Pf. — Teil II (Klasse II u. I): 3 M. 40 Pf.

### 3. Für Mittelschulen:

### Fenkner u. Brückmann: **Übungsbuch für den Rechenunterricht an Knaben- u. Mädchen-Mittelschulen.**

Von Prof. Dr. H. Fenkner in Braunschweig und Mittelschulrektor Dr. R. Brückmann in Königsberg i. Pr. In 9 Heften. Heft 1: 60 Pf. — Heft 2: 60 Pf. — Heft 3: 60 Pf. — Heft 4: 50 Pf. — Heft 5: 50 Pf. — Heft 6: 50 Pf. — Heft 7a (Knaben): 60 Pf. — Heft 7b (Mädchen): 75 Pf. — Heft 8/9a (Knaben): 1 M. 20 Pf. — Heft 8/9b (Mädchen): 1 M. 30 Pf.



150

S - 96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349454

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297535